

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局(43) 国際公開日  
2005 年 9 月 1 日 (01.09.2005)

PCT

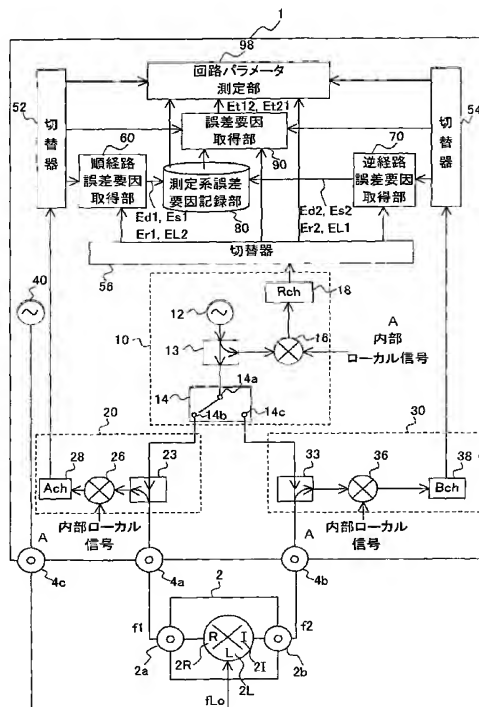
(10) 国際公開番号  
WO 2005/080999 A1

- (51) 国際特許分類: G01R 27/28, 35/00
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2005/002511
- (22) 国際出願日: 2005 年 2 月 10 日 (10.02.2005)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:  
特願2004-046084 2004 年 2 月 23 日 (23.02.2004) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 株式会社アドバンテスト (ADVANTEST CORPORATION) [JP/JP]; 〒1790071 東京都練馬区旭町一丁目 3 2 番 1 号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 中山 喜和 (NAKAYAMA, Yoshikazu) [JP/JP]; 〒1790071 東京都練馬区旭町一丁目 3 2 番 1 号 株式会社アドバンテスト内 Tokyo (JP). 田辺 武 (TANABE, Takeshi) [JP/JP]; 〒1790071 東京都練馬区旭町一丁目 3 2 番 1 号 株式会社アドバンテスト内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 細田 益稔 (HOSODA, Masutoshi); 〒1070052 東京都港区赤坂二丁目 1 7 番 2 2 号 赤坂ツインタワー本館 1 1 F Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM,

[ 続 葉 有 ]

(54) Title: NETWORK ANALYZER, NETWORK ANALYZING METHOD, PROGRAM, AND RECORDING MEDIUM

(54) 発明の名称: ネットワークアナライザ、ネットワーク解析方法、プログラムおよび記録媒体



98 CIRCUIT PARAMETER MEASURING SECTION  
90 ERROR FACTOR ACQUIRING SECTION  
60 FORWARD PATH ERROR FACTOR ACQUIRING SECTION  
80 MEASURING SYSTEM ERROR FACTOR RECORDING SECTION  
70 REVERSE PATH ERROR FACTOR ACQUIRING SECTION  
52 SWITCH  
54 SWITCH  
56 SWITCH  
A INTERNAL LOCAL SIGNAL

(57) Abstract: The error of a measuring system can be corrected by acquiring the phase of transmission tracking. A network analyzer comprises a measuring system error factor recording section (80) and an error factor acquiring section (90). The measuring system error factor recording section (80) records the measuring system error factor caused irrespective of the frequency conversion by a DUT (2). A calibration mixer has terminals (2a, 2b). The signal outputted from the terminal (2a) is represented by the sum of the product of the signal inputted into the terminal (2a) by a first coefficient and the product of the signal inputted into the terminal (2b) by a second coefficient, and the ratio of the magnitude of the second coefficient is constant. The error factor acquiring section (90) measures the first and second coefficients and acquires the transmission tracking caused by the frequency conversion on the basis of the measuring system error factor recorded in the measuring system error factor recording section (80) and the first and second coefficients.

(57) 要約: 伝送トラッキングの位相が取得できるようにして、測定系の誤差を補正することができるようにする。DUT 2 による周波数変換とは無関係に生じる測定系誤差要因を記録する測定系誤差要因記録部 80 と、端子 2a から出力される信号が、端子 2a に入力される信号に第一係数を乗じたものおよび他の端子 2b に入力される信号に第二係数を乗じたものの和として表され、第二係数の大きさの比が一定である校正用ミキサの第一係数および第二係数を測定し、測定系誤差要因記録部 80 に記録された測定系誤差要因と、第一係数および第二係数とに基づき、周波数変換によって生じる伝送トラッキングを取得する誤差要因取得部 90 とを備える。



DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告書

(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE,

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

## 明 細 書

ネットワークアナライザ、ネットワーク解析方法、プログラム  
および記録媒体

5

## 技術分野

本発明は、被測定物の回路パラメータを演算計測するネットワークアナライザに関する。

10

## 背景技術

従来より、被測定物（DUT：Device Under Test）の回路パラメータ（例えば、Sパラメータ）を測定することが行われている。従来技術にかかる被測定物（DUT）の回路パラメータの測定法を第25図  
15、を参照して説明する。

信号源110から周波数 $f_1$ の信号をDUT200を介して受信部120に送信する。この信号は受信部120により受信される。受信部120により受信された信号の周波数を $f_2$ とする。受信部120  
20により受信された信号を測定することによりDUT200のSパラメータや周波数特性を取得することができる。

このとき、信号源110等の測定系とDUT200との不整合などにより測定に測定系誤差が生ずる。この測定系誤差は、例えば $E_d$ ：ブリッジの方向性に起因する誤差、 $E_r$ ：周波数トラッキングに起因する誤差、 $E_s$ ：ソースマッチングに起因する誤差、である。周波数 $f$   
25

## 2

1 =  $f_2$  の場合の信号源 1 1 0 に関するシグナルフローグラフを第 2 6 図に示す。RF IN は、信号源 1 1 0 から DUT 2 0 0 等に入力する信号、S 1 1 m は DUT 2 0 0 等から反射されてきた信号から求められた DUT 2 0 0 等の S パラメータ、S 1 1 a は測定系誤差の無い真の  
5 DUT 2 0 0 等の S パラメータである。

周波数  $f_1 = f_2$  の場合は、例えば特許文献 1 (特開平 1 1 - 3 8 0 5 4 号公報) に記載のようにして誤差を補正することができる。このような補正をキャリブレーションという。キャリブレーションについて概説する。信号源 1 1 0 に校正キットを接続し、オープン(開放)、  
10 ショート(短絡)、ロード(標準負荷  $Z_0$ ) の三種類の状態を実現する。このときの校正キットから反射された信号をブリッジにより取得して三種類の状態に対応した三種類の S パラメータ (S 1 1 m) を求める。三種類の S パラメータから三種類の変数  $E_d$ 、 $E_r$ 、 $E_s$  を求める。

15

しかしながら、周波数  $f_1$  が周波数  $f_2$  と等しくない場合がある。例えば、DUT 2 0 0 がミキサ等の周波数変換機能を有するデバイスである場合である。周波数  $f_1$  が周波数  $f_2$  と等しくない場合の信号源 1 1 0 に関するシグナルフローグラフを第 2 7 図に示す。 $E_d$ 、 $E_s$   
20 は周波数  $f_1$  が周波数  $f_2$  と等しい場合と同様であるが、 $E_r$  は  $E_{r1}$  および  $E_{r2}$  に分かれてしまう。特許文献 1 に記載のようなキャリブレーションでは三種類の S パラメータ (S 1 1 m) しか求めないため、 $E_d$ 、 $E_s$ 、 $E_{r1} \cdot E_{r2}$  しか求めることができない。よって、 $E_{r1}$  および  $E_{r2}$  を求めることができない。

25

さらに、周波数  $f_1$  が周波数  $f_2$  と等しくない場合は、受信部 1 2

## 3

0 による測定系誤差も無視できない。信号源 1 1 0 と受信部 1 2 0 とを直結した場合のシグナルフログラフを第 2 8 図に示す。S 2 1 m は、受信部 1 2 0 が受信した信号から求められた DUT 2 0 0 等の S パラメータである。第 2 8 図に示すように、E t、E L という受信部 1 5 2 0 による測定系誤差が生ずる。これについても、特許文献 1 に記載のようなキャリブレーションでは求めることができない。

そこで、周波数  $f_1$  が周波数  $f_2$  と等しくない場合は、特許文献 2 (国際公開第 0 3 / 0 8 7 8 5 6 号パンフレット) に記載のようにして誤差を補正する。まず、三種類の校正キット (オープン (開放)、ショート (短絡)、ロード (標準負荷  $Z_0$ )) を信号源に接続する。これは、特許文献 1 に記載の方法と同様であるので、 $E_d$ 、 $E_s$ 、 $E_{r1} \cdot E_{r2}$  を求めることができる。次に、信号源をパワーメータに接続する。パワーメータの測定結果に基づき、 $E_{r1}$  および  $E_{r2}$  を求めること  
10 ができる (特許文献 2 の第 6 図、第 7 図を参照)。さらに、信号源と受信部とを直結し、そのときの測定結果により、 $E_t$ 、 $E_L$  を求めることができる (特許文献 2 の第 8 図、第 9 図を参照)。  
15

なお、伝送トラッキングは、 $E_{r1} \cdot E_t$  として定義される。特許  
20 文献 2 に記載の方法によれば、 $E_{r1}$  および  $E_t$  を測定できるので、伝送トラッキング  $E_{r1} \cdot E_t$  を求めることも可能である。

しかしながら、特許文献 2 に記載した方法によって、伝送トラッキング  $E_{r1} \cdot E_t$  を求めた場合、 $E_{r1}$  を測定するためにパワーメータを使用する必要がある。パワーメータを使用するので、伝送トラッキングの位相が取得できない。  
25

そこで、本発明は、伝送トラッキングの位相が取得できるようにして、測定系の誤差を補正することができるようにすることを課題とする。

5

#### 発明の開示

本発明は、被測定物による周波数変換とは無関係に生じる測定系誤差要因を記録する測定系誤差要因記録手段と、ある端子から出力される信号が、その端子に入力される信号に第一係数を乗じたものおよび  
10 他の端子に入力される信号に第二係数を乗じたものの和として表され、第二係数の大きさの比が一定である校正用周波数変換素子の第一係数および第二係数を測定したものを出力する校正用係数出力手段と、測定系誤差要因記録手段に記録された測定系誤差要因と、校正用係数出力手段の出力した第一係数および第二係数とに基づき、周波数変換によって生じる伝送トラッキングを取得する伝送トラッキング取得手段とを備えるように構成される。

上記のように構成された発明によれば、測定系誤差要因記録手段は、  
20 被測定物による周波数変換とは無関係に生じる測定系誤差要因を記録する。校正用係数出力手段は、ある端子から出力される信号が、その端子に入力される信号に第一係数を乗じたものおよび他の端子に入力される信号に第二係数を乗じたものの和として表され、第二係数の大きさの比が一定である校正用周波数変換素子の第一係数および第二係  
25 数を測定したものを出力する。伝送トラッキング取得手段は、測定系誤差要因記録手段に記録された測定系誤差要因と、校正用係数出力手

## 5

段の出力した第一係数および第二係数とに基づき、周波数変換によって生じる伝送トラッキングを取得する。

本発明は、さらに、校正用周波数変換素子における、第一係数を、  
5 M11'、M22'、第二係数を、M12'、M21'、第一端子に入力される信号を a 1、第一端子から出力される信号を b 1、第二端子に入力される信号を a 2、第二端子から出力される信号を b 2、とした場合、

$$b\ 1 = M11' \times a\ 1 + M12' \times a\ 2$$

$$b\ 2 = M21' \times a\ 1 + M22' \times a\ 2$$

10 であり、

$|M12'|/|M21'|$  が一定であることが好ましい。

本発明は、さらに、いずれの端子についても、第二係数の大きさが同じものであることが好ましい。

15

本発明は、さらに、被測定物に入力する入力信号に関する入力信号パラメータを、測定系誤差要因の生ずる前に測定する入力信号測定手段と、被測定物の端子に接続され、入力信号を出力する複数のポートと、ポートに被測定物の端子から入力された被測定物信号に関する被  
20 測定物信号パラメータを測定する被測定物信号測定手段とを備えることが好ましい。

本発明は、さらに、校正用係数出力手段は、校正用周波数変換素子の第一係数および第二係数を、入力信号測定手段により測定された入力  
25 信号パラメータと、被測定物信号測定手段により測定された被測定物信号パラメータとの比によって求めることが好ましい。

- 本発明は、さらに、伝送トラッキング取得手段は、被測定物信号が被測定物の端子より周波数変換を伴わないで出力されてから被測定物信号測定手段により受信されるまでに生じる誤差要因の比に基づき、
- 5 伝送トラッキングを取得することが好ましい。

- 本発明は、測定系誤差要因記録手段が、被測定物による周波数変換とは無関係に生じる測定系誤差要因を記録する測定系誤差要因記録工程と、校正用係数出力手段が、ある端子から出力される信号が、その
- 10 端子に入力される信号に第一係数を乗じたものおよび他の端子に入力される信号に第二係数を乗じたものの和として表され、第二係数の大きさの比が一定である校正用周波数変換素子の第一係数および第二係数を測定したものを出力する校正用係数出力工程と、伝送トラッキング取得手段が、測定系誤差要因記録手段に記録された測定系誤差要因
- 15 と、校正用係数出力手段の出力した第一係数および第二係数とに基づき、周波数変換によって生じる伝送トラッキングを取得する伝送トラッキング取得工程とを備えるように校正される。

- 本発明は、被測定物による周波数変換とは無関係に生じる測定系誤
- 20 差要因を記録する測定系誤差要因記録処理と、ある端子から出力される信号が、その端子に入力される信号に第一係数を乗じたものおよび他の端子に入力される信号に第二係数を乗じたものの和として表され、第二係数の大きさの比が一定である校正用周波数変換素子の第一係数および第二係数を測定したものを出力する校正用係数出力処理と、測
- 25 定系誤差要因記録処理により記録された測定系誤差要因と、校正用係数出力処理により出力された第一係数および第二係数とに基づき、周



波数変換によって生じる伝送トラッキングを取得する伝送トラッキング取得処理とをコンピュータに実行させるためのプログラムである。

- 本発明は、被測定物による周波数変換とは無関係に生じる測定系誤差要因を記録する測定系誤差要因記録処理と、ある端子から出力される信号が、その端子に入力される信号に第一係数を乗じたものおよび他の端子に入力される信号に第二係数を乗じたものの和として表され、第二係数の大きさの比が一定である校正用周波数変換素子の第一係数および第二係数を測定したものを出力する校正用係数出力処理と、測定系誤差要因記録処理により記録された測定系誤差要因と、校正用係数出力処理により出力された第一係数および第二係数とに基づき、周波数変換によって生じる伝送トラッキングを取得する伝送トラッキング取得処理とをコンピュータに実行させるためのプログラムを記録したコンピュータによって読み取り可能な記録媒体である。

15

#### 図面の簡単な説明

第1図は、本発明の実施の形態に係るネットワークアナライザ1の構成を示したブロック図である。

- 第2図は、DUT2の構成を示す図（第2図（a））および第一端子2aおよび第二端子2bに入出力される信号の関係を示す図（第2図（b））である。

- 第3図は、入力信号（周波数 $f_1$ ）を測定部20を介してDUT2に与える状態（順経路という）を示す図（端子14aと端子14bとが接続される）（第3図（a））、入力信号（周波数 $f_2$ ）を測定部30を介してDUT2に与える状態（逆経路という）を示す図（端子14

aと端子14cとが接続される)(第3図(b))である。

第4図は、順経路誤差要因取得部60の構成を示す機能ブロック図である。

第5図は、校正用具6の端子6aとポート4aとが接続されている状態を示す図である。

第6図は、ポート4aに校正用具6が接続されている状態を表現したシグナルフロログラフである。

第7図は、ポート4aにポート4bを接続した状態を示す図である。

第8図は、ポート4aにポート4bを接続した状態を表現したシグナルフロログラフである。

第9図は、逆経路誤差要因取得部70の構成を示す機能ブロック図である。

第10図は、誤差要因取得部90の構成を示す機能ブロック図である。

第11図は、ネットワークアナライザ1に接続した状態の校正用ミキサ8を示す図である。

第12図は、回路パラメータ測定部98の構成を示す機能ブロック図である。

第13図は、本発明の実施形態の動作を示すフローチャートである。

第14図は、ネットワークアナライザ1の測定系誤差要因(E<sub>d</sub>、E<sub>r</sub>、E<sub>s</sub>、E<sub>L</sub>、E<sub>t</sub>)の取得の手順を示すフローチャートである。

第15図は、DUT2のMパラメータの取得の手順を示すフローチャートである。

第16図は、変形例(その1)に係るネットワークアナライザ1の構成を示したブロック図である。

第17図は、変形例(その2)に係るネットワークアナライザ1の

構成を示したブロック図である。

第 18 図は、式 1 を証明するために参照する、ネットワークアナライザ 1 の構成を示したブロック図である。

第 19 図は、第 18 図に示すネットワークアナライザ 1 における  
5 FWD の系を表現したシグナルフローグラフである。

第 20 図は、第 18 図に示すネットワークアナライザ 1 における  
REV の系を表現したシグナルフローグラフである。

第 21 図は、第 19 図に示すようなシグナルフローグラフを変形したものである。

10 第 22 図は、第 20 図に示すようなシグナルフローグラフを変形したものである。

第 23 図は、第 21 図に示すシグナルフローグラフが対応する測定系の誤差要因を示す図である。

第 24 図は、第 22 図に示すシグナルフローグラフが対応する測定  
15 系の誤差要因を示す図である。

第 25 図は、従来技術にかかる被測定物 (DUT) の回路パラメータの測定法を説明するための図である。

第 26 図は、従来技術にかかる周波数  $f_1 = f_2$  の場合の信号源 110 に関するシグナルフローグラフである。

20 第 27 図は、従来技術にかかる周波数  $f_1$  が周波数  $f_2$  と等しくない場合の信号源 110 に関するシグナルフローグラフである。

第 28 図は、従来技術にかかる信号源 110 と受信部 120 とを直結した場合のシグナルフローグラフである。

発明を実施するための最良の形態

以下、本発明の実施形態を図面を参照しながら説明する。

- 5      第1図は、本発明の実施の形態に係るネットワークアナライザ1の構成を示したブロック図である。ネットワークアナライザ1には、D U T (Device Under Test: 被測定物) 2が接続されている。ネットワークアナライザ1は、D U T 2の回路パラメータ、例えばSパラメータを測定する。なお、D U T 2として、ミキサ(乗算器)を用いた場合、Sパラメータのことを特に、Mパラメータという。
- 10

- 第2図(a)は、D U T 2の構成を示す図である。D U T 2は、ミキサ(乗算器)である。D U T 2は、第一端子2 a、第二端子2 b、R F信号処理部2 R、I F信号処理部2 I、ローカル信号処理部2 L
- 15      を有する。

- 第一端子2 aから周波数 $f_1$ の信号 $a_1$ が入力されると、R F信号処理部2 Rに与えられる。また、ローカル信号処理部2 Lにはローカル信号 $L_o$ (周波数 $f_{L_o}$ )が与えられる。R F信号処理部2 Rに与えられた信号(周波数 $f_1$ )と、ローカル信号処理部2 Lに与えられた信号(周波数 $f_{L_o}$ )とは混合されて、I F信号処理部2 Iから周波数 $f_2 (= f_1 - f_{L_o})$ の信号 $b_2$ として、第二端子2 bを介して出力される。なお、第一端子2 aから周波数 $f_1$ の信号 $a_1$ が入力されると、ある程度は、D U T 2により周波数変換が行なわれずに反射され、第一端子2 aから周波数 $f_1$ のまま信号 $b_1$ として出力される。
- 20
- 25

第二端子 2 b から周波数  $f_2$  の信号  $a_2$  が入力されると、I F 信号処理部 2 I に与えられる。また、ローカル信号処理部 2 L にはローカル信号  $L_o$  (周波数  $f_{L_o}$ ) が与えられる。R F 信号処理部 2 R に与えられた信号 (周波数  $f_1$ ) と、ローカル信号処理部 2 L に与えられた信号 (周波数  $f_{L_o}$ ) とは混合されて、R F 信号処理部 2 R から周波数  $f_1 (= f_2 + f_{L_o})$  の信号  $b_1$  として、第一端子 2 a を介して出力される。なお、第二端子 2 b から周波数  $f_2$  の信号  $a_2$  が入力されると、ある程度は、D U T 2 により周波数変換が行なわれれずに反射され、第二端子 2 b から周波数  $f_2$  のまま信号  $b_2$  として出力される。

ここで、周波数  $f_1$  の信号  $a_1$  を  $a_1(f_1)$ 、周波数  $f_2$  の信号  $a_2$  を  $a_2(f_2)$ 、周波数  $f_1$  の信号  $b_1$  を  $b_1(f_1)$ 、周波数  $f_2$  の信号  $b_2$  を  $b_2(f_2)$  と表記する。

15

第 2 図 (b) は、第一端子 2 a および第二端子 2 b に入出力される信号の関係を示すものである。すなわち、

$$b_1 = M_{11} \times a_1 + M_{12} \times a_2$$

$$b_2 = M_{21} \times a_1 + M_{22} \times a_2$$

20 が成立する。

なお、 $M_{11}$  および  $M_{22}$  を第一係数、 $M_{12}$  および  $M_{21}$  を第二係数という。

25 第 1 図に戻り、ネットワークアナライザ 1 は、ポート 4 a、4 b、D U T 用ローカル信号ポート 4 c、信号源 1 0、測定部 2 0、3 0、

## 12

DUT用ローカル信号発振器40、切替器52、54、56、順経路誤差要因取得部60、逆経路誤差要因取得部70、測定系誤差要因記録部80、誤差要因取得部90、回路パラメータ測定部98を備える。

- 5      ポート4aは測定部20および第一端子2aに接続されている。ポート4aは、信号源10からの入力信号（周波数 $f_1$ ）を第一端子2aに出力する。

- 10      ポート4bは測定部30および第二端子2bに接続されている。ポート4bは、信号源10からの入力信号（周波数 $f_2$ ）を第二端子2bに出力する。

- 15      DUT用ローカル信号ポート4cはDUT用ローカル信号発振器40に接続されている。DUT用ローカル信号ポート4cは、DUT用ローカル信号発振器40からのDUT用ローカル信号をDUT2に与える。

- 20      信号源10は、信号出力部12、ブリッジ13、スイッチ14、内部ミキサ16、レシーバ（Rch）18（入力信号測定手段）を有する。

信号出力部12は、周波数 $f_1$ あるいは $f_2$ の入力信号を出力する。

- 25      ブリッジ13は、信号出力部12から出力された信号を内部ミキサ16およびスイッチ14に供給する。ブリッジ13が供給する信号は、ネットワークアナライザ1による測定系誤差要因の影響を受けていな

い信号といえる。

スイッチ 14 は、端子 14 a、14 b、14 c を有する。端子 14 a は、ブリッジ 13 に接続され、ブリッジ 13 から信号を受ける。端子 14 b は測定部 20 に、端子 14 c は測定部 30 に接続される。端子 14 a は、端子 14 b または端子 14 c と、接続される。端子 14 a と端子 14 b とが接続されると、信号出力部 12 の出力する入力信号（このとき、入力信号の周波数を  $f_1$  とする）は、測定部 20 に与えられる。端子 14 a と端子 14 c とが接続されると、信号出力部 12 の出力する入力信号（このとき、入力信号の周波数を  $f_2$  とする）は、測定部 30 に与えられる。

内部ミキサ 16 は、ブリッジ 13 から与えられた信号を、内部ローカル信号と混合してから出力する。

15

レシーバ (Rch) 18 (入力信号測定手段) は、内部ミキサ 16 が出力した信号の S パラメータを測定する。よって、レシーバ (Rch) 18 は、ネットワークアナライザ 1 による測定系誤差要因の影響の生ずる前に、入力信号に関する S パラメータを測定する。

20

測定部 20 は、ブリッジ 23、内部ミキサ 26、レシーバ (Ach) 28 (被測定物信号測定手段) を有する。

ブリッジ 23 は、信号源 10 から与えられた信号をポート 4 a に向けて出力する。さらに、DUT 2 から反射されて戻ってきた信号および DUT 2 を通過した信号を、ポート 4 a を介して受け、内部ミキサ

26に供給する。なお、DUT2から反射されて戻ってきた信号およびDUT2を通過した信号を被測定物信号という。

内部ミキサ26は、ブリッジ23から与えられた信号を、内部ローカル信号と混合してから出力する。

レシーバ(Ach)28(被測定物信号測定手段)は、内部ミキサ26が出力した信号のSパラメータを測定する。よって、レシーバ(Ach)28は、被測定物信号に関するSパラメータを測定する。

10

測定部30は、ブリッジ33、内部ミキサ36、レシーバ(Bch)38(被測定物信号測定手段)を有する。

ブリッジ33は、信号源10から与えられた信号をポート4bに向けて出力する。さらに、DUT2から反射されて戻ってきた信号およびDUT2を通過した信号を、ポート4bを介して受け、内部ミキサ36に供給する。なお、DUT2から反射されて戻ってきた信号およびDUT2を通過した信号を被測定物信号という。

内部ミキサ36は、ブリッジ33から与えられた信号を、内部ローカル信号と混合してから出力する。

レシーバ(Bch)38(被測定物信号測定手段)は、内部ミキサ36が出力した信号のSパラメータを測定する。よって、レシーバ(Bch)38は、被測定物信号に関するSパラメータを測定する。

25



DUT用ローカル信号発振器40は、ローカル信号L<sub>o</sub>（周波数f<sub>L<sub>o</sub></sub>）をDUT2に与える。

5      なお、第1図に示す状態をシグナルフローグラフで表現したものを  
第3図に示す。M<sub>11</sub>、M<sub>21</sub>、M<sub>12</sub>、M<sub>22</sub>はDUT2の真の（測定系誤差要因の影響を排除した）Mパラメータである。

10      第3図（a）は入力信号（周波数f<sub>1</sub>）を測定部20を介してDUT2に与える状態（順経路という）を示し（端子14aと端子14bとが接続される）、第3図（b）は入力信号（周波数f<sub>2</sub>）を測定部30を介してDUT2に与える状態（逆経路という）を示す（端子14aと端子14cとが接続される）。

15      測定系誤差要因は、順経路（第3図（a）参照）においては、E<sub>d1</sub>（ブリッジの方向性に起因する誤差）、E<sub>i1</sub>、E<sub>o1</sub>（周波数トラッキングに起因する誤差）、E<sub>s1</sub>（ソースマッチングに起因する誤差）、E<sub>g2</sub>、E<sub>L2</sub>がある。

20      測定系誤差要因は、逆経路（第3図（b）参照）においては、E<sub>d2</sub>（ブリッジの方向性に起因する誤差）、E<sub>i2</sub>、E<sub>o2</sub>（周波数トラッキングに起因する誤差）、E<sub>s2</sub>（ソースマッチングに起因する誤差）、E<sub>g1</sub>、E<sub>L1</sub>がある。

25      切替器52は、レシーバ（A<sub>ch</sub>）28の測定結果を、順経路誤差要因取得部60、誤差要因取得部90および回路パラメータ測定部98のいずれか一つに与える。

切替器 5 4 は、レシーバ (B c h) 3 8 の測定結果を、逆経路誤差要因取得部 7 0、誤差要因取得部 9 0 および回路パラメータ測定部 9 8 のいずれか一つに与える。

5

切替器 5 6 は、レシーバ (R c h) 1 8 の測定結果を、順経路誤差要因取得部 6 0、逆経路誤差要因取得部 7 0、誤差要因取得部 9 0 および回路パラメータ測定部 9 8 のいずれか一つに与える。

- 10 順経路誤差要因取得部 6 0 は、切替器 5 2 を介して、レシーバ (A c h) 2 8 の測定結果を受ける。さらに、順経路誤差要因取得部 6 0 は、切替器 5 6 を介して、レシーバ (R c h) 1 8 の測定結果を受け  
15 る。そして、レシーバ (A c h) 2 8 の測定結果およびレシーバ (R c h) 1 8 の測定結果に基づき、順経路 (第 3 図 (a) 参照) における、 $E d 1$ 、 $E i 1 \cdot E o 1 (=E r 1)$ 、 $E s 1$ 、 $E L 2$  を取得する。

第 4 図は、順経路誤差要因取得部 6 0 の構成を示す機能ブロック図である。順経路誤差要因取得部 6 0 は、切替器 6 2、第一順経路誤差要因取得部 6 4、第二順経路誤差要因取得部 6 6 を有する。

20

- 切替器 6 2 は、レシーバ (A c h) 2 8 の測定結果およびレシーバ (R c h) 1 8 の測定結果を、第一順経路誤差要因取得部 6 4 あるいは第二順経路誤差要因取得部 6 6 に送る。具体的には、ポート 4 a に校正用具 6 (後述する) を接続したときは、第一順経路誤差要因取得  
25 部 6 4 に、レシーバ (A c h) 2 8 の測定結果およびレシーバ (R c h) 1 8 の測定結果を送る。ポート 4 a にポート 4 b を接続したとき

は、第二順経路誤差要因取得部 6 6 に、レシーバ (A c h) 2 8 の測定結果およびレシーバ (R c h) 1 8 の測定結果を送る。

第一順経路誤差要因取得部 6 4 は、E d 1、E i 1・E o 1 (= E r 1)、E s 1 を取得する。校正用具 6 の端子 6 a とポート 4 a とが接続されている状態を第 5 図に示す。校正用具 6 は、特開平 1 1 - 3 8 0 5 4 号公報 (特許文献 1) に記載のようにオープン (開放)、ショート (短絡)、ロード (標準負荷 Z0) の三種類の状態を実現する周知のものである。

10

ポート 4 a に校正用具 6 が接続されている状態をシグナルフローグラフで表現したものを第 6 図に示す。ここで、レシーバ (R c h) 1 8 の測定結果は R1(f1)、レシーバ (A c h) 2 8 の測定結果は A1(f1) である。R1(f1)と A1(f1)との関係は、下記の数式の通りである。

15

【数 1】

$$\frac{A1(f1)}{R1(f1)} = Ed1 + \frac{Er1 \cdot X}{1 - Es1 \cdot X}$$

20      ここで、校正用具 6 が三種類接続されるため、R1(f1)と A1(f1)との組み合わせは三種類求められる。よって、求められる変数も E d 1、E i 1・E o 1 (= E r 1)、E s 1 という三種類の変数である。

第二順経路誤差要因取得部 6 6 は、第一順経路誤差要因取得部 6 4

から  $E_{d1}$ 、 $E_{i1} \cdot E_{o1}$  ( $=E_{r1}$ )、 $E_{s1}$  を受け、切替器 62 を介して、レシーバ (A c h) 28 の測定結果およびレシーバ (R c h) 18 の測定結果を受ける。そして、第二順経路誤差要因取得部 66 は  $E_{L2}$  を取得する。

5

ポート 4 a にポート 4 b を接続した状態を第 7 図に示す。ポート 4 a にポート 4 b を接続した状態をシグナルフログラフで表現したものを第 8 図に示す。ここで、レシーバ (R c h) 18 の測定結果は  $R1(f1)$ 、レシーバ (A c h) 28 の測定結果は  $A1(f1)$  である。また、入力信号  
10 (周波数  $f1$ ) を測定部 20 を介してポート 4 a から出力しているものとする。 $R1(f1)$  と  $A1(f1)$  との関係は、下記の数式の通りである。

【数 2】

$$15 \quad \frac{A1(f1)}{R1(f1)} = Ed1 + \frac{Er1 \cdot EL2}{1 - Es1 \cdot EL2}$$

ここで、 $E_{d1}$ 、 $E_{r1}$ 、 $E_{s1}$  は既知なので、 $E_{L2}$  を求めることができる。第二順経路誤差要因取得部 66 は、 $E_{d1}$ 、 $E_{i1} \cdot E_{o1}$  ( $=E_{r1}$ )、 $E_{s1}$ 、 $E_{L2}$  を測定系誤差要因記録部 80 に出力  
20 する。

逆経路誤差要因取得部 70 は、切替器 54 を介して、レシーバ (B c h) 38 の測定結果を受ける。さらに、逆経路誤差要因取得部 70 は、切替器 56 を介して、レシーバ (R c h) 18 の測定結果を受け

る。そして、レシーバ (B c h) 38 の測定結果およびレシーバ (R c h) 18 の測定結果に基づき、逆経路 (第3図 (b) 参照) における、 $E d 2$ 、 $E i 2 \cdot E o 2 (= E r 2)$ 、 $E s 2$ 、 $E L 1$  を取得する。

- 5      第9図は、逆経路誤差要因取得部70の構成を示す機能ブロック図である。逆経路誤差要因取得部70は、切替器72、第一逆経路誤差要因取得部74、第二逆経路誤差要因取得部76を有する。

切替器72は、レシーバ (B c h) 38 の測定結果およびレシーバ  
10      (R c h) 18 の測定結果を、第一逆経路誤差要因取得部74あるいは第二逆経路誤差要因取得部76に送る。具体的には、ポート4bに校正用具6を接続したときは、第一逆経路誤差要因取得部74に、レシーバ (B c h) 38 の測定結果およびレシーバ (R c h) 18 の測定結果を送る。ポート4aにポート4bを接続したときは、第二逆経  
15      路誤差要因取得部76に、レシーバ (B c h) 38 の測定結果およびレシーバ (R c h) 18 の測定結果を送る。

第一逆経路誤差要因取得部74は、 $E d 2$ 、 $E i 2 \cdot E o 2 (= E r 2)$ 、 $E s 2$  を取得する。校正用具6については、先に説明しており、  
20      説明を省略する。ここで、レシーバ (R c h) 18 の測定結果を  $R2(f2)$ 、レシーバ (B c h) 38 の測定結果を  $B2(f2)$  であるとすれば、 $R2(f2)$  と  $B2(f2)$  との関係は、下記の数式の通りである。

【数3】

$$\frac{B2(f2)}{R2(f2)} = Ed2 + \frac{Er2 \cdot X}{1 - Es2 \cdot X}$$

ここで、校正用具 6 が三種類接続されるため、 $R2(f2)$ と  $B2(f2)$ との  
5 組み合わせは三種類求められる。よって、求められる変数も  $Ed2$ 、  
 $Ei2 \cdot Eo2$  ( $= Er2$ )、 $Es2$  という三種類の変数である。

第二逆経路誤差要因取得部 7 6 は、第一逆経路誤差要因取得部 7 4  
から  $Ed2$ 、 $Ei2 \cdot Eo2$  ( $= Er2$ )、 $Es2$  を受け、切替器 7 2  
10 を介して、レシーバ (Bch) 3 8 の測定結果およびレシーバ (Rch)  
1 8 の測定結果を受ける。そして、第二逆経路誤差要因取得部 7  
6 は  $EL1$  を取得する。

ここで、レシーバ (Rch) 1 8 の測定結果を  $R2(f2)$ 、レシーバ (B  
15 ch) 3 8 の測定結果を  $B2(f2)$  とすると、 $R2(f2)$ と  $B2(f2)$ との関係は、  
下記の数式の通りである。なお、入力信号 (周波数  $f2$ ) を測定部 3  
0 を介してポート 4 b から出力しているものとする。

【数 4】

$$\frac{B2(f2)}{R2(f2)} = Ed2 + \frac{Er2 \cdot EL1}{1 - Es2 \cdot EL1}$$

## 21

ここで、 $E_{d2}$ 、 $E_{r2}$ 、 $E_{s2}$ は既知なので、 $E_{L1}$ を求めることができる。第二逆経路誤差要因取得部76は、 $E_{d2}$ 、 $E_{i2} \cdot E_{o2}$  ( $= E_{r2}$ )、 $E_{s2}$ 、 $E_{L1}$ を測定系誤差要因記録部80に出力する。

5

測定系誤差要因記録部80は、順経路誤差要因取得部60から $E_{d1}$ 、 $E_{i1} \cdot E_{o1}$  ( $= E_{r1}$ )、 $E_{s1}$ 、 $E_{L2}$ を受け、逆経路誤差要因取得部70から $E_{d2}$ 、 $E_{i2} \cdot E_{o2}$  ( $= E_{r2}$ )、 $E_{s2}$ 、 $E_{L1}$ を受けて記録する。 $E_{d1}$ 、 $E_{r1}$ 、 $E_{s1}$ 、 $E_{L2}$ 、 $E_{d2}$ 、  
10  $E_{r2}$ 、 $E_{s2}$ 、 $E_{L1}$ は、被測定物の周波数変換とは無関係に生ずる測定系誤差要因である。

誤差要因取得部90は、周波数変換によって生じる伝送トラッキングを取得する。なお、伝送トラッキング $E_{t21}$ 、 $E_{t12}$ は、それ  
15 それ、 $E_{t21} = E_{i1} \cdot E_{g2}$ 、 $E_{t12} = E_{i2} \cdot E_{g1}$ として定義される。伝送トラッキングは、被測定物の周波数変換によって生ずる測定系誤差要因である。

また、伝送トラッキングを取得する際には、第11図に示すように、  
20 校正用ミキサ8をネットワークアナライザ1に接続する。校正用ミキサ8は、 $DUT2$ と、ほぼ同様なものである。ただし、第一係数を $M_{11'}$ および $M_{22'}$ とし、第二係数を $M_{12'}$ および $M_{21'}$ とすれば、 $|M_{12'}|$ と $|M_{21'}|$ との比が一定、もし校正用ミキサ8として双方向性ミキサを使用する場合は $|M_{12'}| = |M_{21'}|$ である。

25

このような校正用ミキサ8に、入力信号（周波数 $f_1$ ）を測定部2

0を介して与え、さらに、入力信号（周波数 $f_2$ ）を測定部30を介して与え、そのときのレシーバ（Rch）18の測定結果、レシーバ（Ach）28の測定結果およびレシーバ（Bch）38の測定結果に基づき、伝送トラッキングが取得される。

5

第10図は、誤差要因取得部90の構成を示す機能ブロック図である。誤差要因取得部90は、測定系誤差要因読出部910、切替器922、順経路測定データ取得部924、逆経路測定データ取得部926、回路パラメータ取得部（校正用係数出力手段）928、伝送トラッキング取得部930を有する。

測定系誤差要因読出部910は、測定系誤差要因記録部80からEd1、Er1、Es1、EL2、Ed2、Er2、Es2、EL1を読み出して、伝送トラッキング取得部930に出力する。

15

切替器922は、レシーバ（Rch）18の測定結果、レシーバ（Ach）28の測定結果およびレシーバ（Bch）38の測定結果を、順経路測定データ取得部924または逆経路測定データ取得部926に送る。具体的には、入力信号（周波数 $f_1$ ）を測定部20を介して与えたときは（端子14aと端子14bとを接続する）、順経路測定データ取得部924に測定結果を送る。入力信号（周波数 $f_2$ ）を測定部30を介して与えたときは（端子14aと端子14cとを接続する）、逆経路測定データ取得部926に測定結果を送る。

25 順経路測定データ取得部924は、切替器922から受けたレシーバ（Rch）18の測定結果を $R1(f1)$ 、レシーバ（Ach）28の測



定結果を  $A1(f1)$ 、レシーバ (B c h) 3 8 の測定結果を  $B1(f2)$  として、  
回路パラメータ取得部 9 2 8 に出力する。

逆経路測定データ取得部 9 2 6 は、切替器 9 2 2 から受けたレシー  
5 バ (R c h) 1 8 の測定結果を  $R2(f2)$ 、レシーバ (A c h) 2 8 の測  
定結果を  $A2(f1)$ 、レシーバ (B c h) 3 8 の測定結果を  $B2(f2)$  として、  
回路パラメータ取得部 9 2 8 に出力する。

回路パラメータ取得部 (校正用係数出力手段) 9 2 8 は、順経路測  
10 定データ取得部 9 2 4 から受けた  $R1(f1)$ 、 $A1(f1)$ 、 $B1(f2)$  および逆経  
路測定データ取得部 9 2 6 から受けた  $R2(f2)$ 、 $A2(f1)$ 、 $B2(f2)$  に基づ  
き、校正用ミキサ 8 の M パラメータを取得する。

回路パラメータ取得部 9 2 8 により取得された M パラメータを  
15  $M11m'$ 、 $M12m'$ 、 $M21m'$  および  $M22m'$  とすると

$$M11m' = A1(f1) / R1(f1)$$

$$M12m' = A2(f1) / R2(f2)$$

$$M21m' = B1(f2) / R1(f1)$$

$$M22m' = B2(f2) / R2(f2)$$

20 となる。

伝送トラッキング取得部 9 3 0 は、回路パラメータ取得部 9 2 8 に  
より取得された校正用ミキサ 8 の M パラメータ  $M11m'$ 、 $M12m'$ 、  
 $M21m'$ 、 $M22m'$  と、測定系誤差要因読出部 9 1 0 により読み出された  
25  $Ed1$ 、 $Er1$ 、 $Es1$ 、 $EL2$ 、 $Ed2$ 、 $Er2$ 、 $Es2$ 、 $EL1$   
を受けて、伝送トラッキング  $Et21$ 、 $Et12$  を取得する。

まず、ネットワークアナライザ 1 を詳細に解析することにより、下記の式 1 のような関係があることがわかる。証明は、後述する。また、E L 1、E L 2 の L を小文字の l と表記する。

5

【数 5】

$$\begin{aligned} E_{g1} &= \left(1 - Ed_1 \frac{Es_1 - El_1}{Er_1}\right) E_{o1} \\ E_{g2} &= \left(1 - Ed_2 \frac{Es_2 - El_2}{Er_2}\right) E_{o2} \end{aligned} \quad (\text{式 1})$$

10 よって、 $X = E_{o2} / E_{o1}$  とおくと、伝送トラッキング  $E_{t21}$ 、 $E_{t12}$  は下記の式 2 のように表される。また、E L 1、E L 2 の L を小文字の l と表記する。

【数 6】

15

$$\begin{aligned} E_{t21} &= Er_1 X \left(1 - Ed_2 \frac{Es_2 - El_2}{Er_2}\right) \\ E_{t12} &= Er_2 \frac{1}{X} \left(1 - Ed_1 \frac{Es_1 - El_1}{Er_1}\right) \end{aligned} \quad (\text{式 2})$$

20 なお、 $E_{o1}$  は、被測定物信号が D U T 2 の第一端子 2 a より周波数変換を伴わないで出力されてからレシーバ (A c h) 2 8 により受信されるまでに生じる誤差要因である。 $E_{o2}$  は、被測定物信号が D U T 2 の第二端子 2 b より周波数変換を伴わないで出力されてからレシーバ (B c h) 3 8 により受信されるまでに生じる誤差要因である。

Ed 1、Er 1、Es 1、EL 1、Ed 2、Er 2、Es 2および  
EL 2は、測定系誤差要因読出部 9 1 0により読み出されたものを用  
いればよい。よって、Xがわかれば、伝送トラッキングEt 2 1、E  
5 t 1 2を求めることができる。

ここで、校正用ミキサ 8のMパラメータ M11'、M12'、M21'、M22'  
と、回路パラメータ取得部 9 2 8により取得された校正用ミキサ 8の  
Mパラメータの測定結果 M11m'、M12m'、M21m'、M22m'とは下記  
10 の式 3のような関係がある。ただし、M11'等の'(ダッシュ)を省略し、  
M11 等と表記している。また、EL 1、EL 2のLを小文字のlと表  
記する。

### 【数 7】

15

$$\begin{pmatrix} M_{11} & M_{12} \\ M_{21} & M_{22} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{M_{11m} - Ed_1}{Er_1} & \frac{M_{12m}}{Et_{12}} \\ \frac{M_{21m}}{Et_{21}} & \frac{M_{22m} - Ed_2}{Er_2} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 + Es_1 \frac{M_{11m} - Ed_1}{Er_1} & El_1 \frac{M_{12m}}{Et_{12}} \\ El_2 \frac{M_{21m}}{Et_{21}} & 1 + Es_2 \frac{M_{22m} - Ed_2}{Er_2} \end{pmatrix}^{-1}$$

(式 3)

式 2 を式 3 に適用し、M21'／M12'を求めると、下記の式 4 のように  
20 なる。ただし、M11'等の'(ダッシュ)を省略し、M11 等と表記して  
いる。また、EL 1、EL 2のLを小文字のlと表記する。

### 【数 8】

$$\frac{M_{21}}{M_{12}} = \frac{1}{X^2} \cdot \frac{M_{21m} \left( 1 - Ed_1 \frac{Es_1 - El_1}{Er_1} \right) [Er_2 + (M_{22m} - Ed_2)(Es_2 - El_2)]}{M_{12m} \left( 1 - Ed_2 \frac{Es_2 - El_2}{Er_2} \right) [Er_1 + (M_{11m} - Ed_1)(Es_1 - El_1)]} \quad (\text{式 4})$$

- ここで、 $|M_{12}'| = |M_{21}'|$  なので、 $M_{12}' = M_{21}' \times e^\theta$  である。ただし、
- 5  $\theta$  はローカル信号 L o の位相により決まる定数である。式 4 を X について解き、下記の式 5 を得る。ただし、 $M_{11}'$  等の' (ダッシュ) を省略し、 $M_{11}$  等と表記している。また、 $EL_1$ 、 $EL_2$  の L を小文字の l と表記する。

10 【数 9】

$$X = e^{\frac{\theta}{2}} \sqrt{\frac{M_{21m} \left( 1 - Ed_1 \frac{Es_1 - El_1}{Er_1} \right) [Er_2 + (M_{22m} - Ed_2)(Es_2 - El_2)]}{M_{12m} \left( 1 - Ed_2 \frac{Es_2 - El_2}{Er_2} \right) [Er_1 + (M_{11m} - Ed_1)(Es_1 - El_1)]}} \quad (\text{式 5})$$

- なお、順経路誤差要因取得部 60 あるいは逆経路誤差要因取得部 70 により測定系誤差要因を取得している間の任意の時点を基準とし、
- 15 この基準時点における  $\theta$  を 0 とすれば、式 5 における  $\theta$  を定めることができる。

- よって、測定系誤差要因記録部 80 に記録された  $Ed_1$ 、 $Er_1$ 、
- 20  $Es_1$ 、 $EL_1$ 、 $Ed_2$ 、 $Er_2$ 、 $Es_2$ 、 $EL_2$  と、回路パラメータ取得部 (校正用係数出力手段) 928 が取得した校正用ミキサ 8 の M パラメータ  $M_{11m}'$ 、 $M_{12m}'$ 、 $M_{21m}'$ 、 $M_{22m}'$  とに基づき、X を求

め(式5)、Xに基づき伝送トラッキング $E_{t21}$ 、 $E_{t12}$ を取得できる(式2)。

回路パラメータ測定部98は、DUT2の真のMパラメータを取得する。なお、真のMパラメータというのは、誤差要因の影響を除去したことを意味している。

また、DUT2の真のMパラメータを取得する際には、第1図に示すように、DUT2をネットワークアナライザ1に接続する。DUT2に、入力信号(周波数 $f_1$ )を測定部20を介して与え、さらに、入力信号(周波数 $f_2$ )を測定部30を介して与え、そのときのレシーバ(Rch)18の測定結果、レシーバ(Ach)28の測定結果およびレシーバ(Bch)38の測定結果に基づき、DUT2の真のMパラメータが取得される。

15

第12図は、回路パラメータ測定部98の構成を示す機能ブロック図である。回路パラメータ測定部98は、測定系誤差要因読出部980、切替器982、順経路測定データ取得部984、逆経路測定データ取得部986、回路パラメータ取得部988、真値回路パラメータ取得部989を有する。

測定系誤差要因読出部980は、測定系誤差要因記録部80から $E_{d1}$ 、 $E_{r1}$ 、 $E_{s1}$ 、 $E_{L2}$ 、 $E_{d2}$ 、 $E_{r2}$ 、 $E_{s2}$ 、 $E_{L1}$ を読み出して、真値回路パラメータ取得部989に出力する。

25

切替器982は、レシーバ(Rch)18の測定結果、レシーバ(A

c h) 2 8 の測定結果およびレシーバ (B c h) 3 8 の測定結果を、順経路測定データ取得部 9 8 4 または逆経路測定データ取得部 9 8 6 に送る。具体的には、入力信号 (周波数  $f_1$ ) を測定部 2 0 を介して与えたときは (端子 1 4 a と端子 1 4 b とを接続する)、順経路測定データ取得部 9 8 4 に測定結果を送る。入力信号 (周波数  $f_2$ ) を測定部 3 0 を介して与えたときは (端子 1 4 a と端子 1 4 c とを接続する)、逆経路測定データ取得部 9 8 6 に測定結果を送る。

順経路測定データ取得部 9 8 4 は、切替器 9 8 2 から受けたレシーバ (R c h) 1 8 の測定結果を  $R1(f1)$ 、レシーバ (A c h) 2 8 の測定結果を  $A1(f1)$ 、レシーバ (B c h) 3 8 の測定結果を  $B1(f2)$  として、回路パラメータ取得部 9 8 8 に出力する。

逆経路測定データ取得部 9 8 6 は、切替器 9 8 2 から受けたレシーバ (R c h) 1 8 の測定結果を  $R2(f2)$ 、レシーバ (A c h) 2 8 の測定結果を  $A2(f1)$ 、レシーバ (B c h) 3 8 の測定結果を  $B2(f2)$  として、回路パラメータ取得部 9 8 8 に出力する。

回路パラメータ取得部 9 8 8 は、順経路測定データ取得部 9 8 4 から受けた  $R1(f1)$ 、 $A1(f1)$ 、 $B1(f2)$  および逆経路測定データ取得部 9 8 6 から受けた  $R2(f2)$ 、 $A2(f1)$ 、 $B2(f2)$  に基づき、D U T 2 の M パラメータを取得する。

回路パラメータ取得部 9 8 8 により取得された M パラメータを  $M11m$ 、 $M12m$ 、 $M21m$  および  $M22m$  とすると

$$M11m = A1(f1) / R1(f1)$$

$$M12m = A2(f1) / R2(f2)$$

$$M21m = B1(f2) / R1(f1)$$

$$M22m = B2(f2) / R2(f2)$$

となる。

5

真値回路パラメータ取得部 989 は、回路パラメータ取得部 988  
により取得された DUT2 の M パラメータ  $M11m$ 、 $M12m$ 、 $M21m$ 、  
 $M22m$  と、測定系誤差要因読出部 980 により読み出された  $E d 1$ 、  
 $E r 1$ 、 $E s 1$ 、 $E L 2$ 、 $E d 2$ 、 $E r 2$ 、 $E s 2$ 、 $E L 1$  と、誤差  
10 要因取得部 90 により取得された伝送トラッキング  $E t 2 1$ 、 $E t 1$   
2 を受けて、DUT2 の真の M パラメータ  $M11$ 、 $M12$ 、 $M21$ 、 $M22$   
を取得する。

DUT2 の真の M パラメータ  $M11$ 、 $M12$ 、 $M21$ 、 $M22$  は式 3 により  
15 求めることができる。

次に、本発明の実施形態の動作を説明する。第 13 図は、本発明の  
実施形態の動作を示すフローチャートである。

20 まず、ネットワークアナライザ 1 の測定系誤差要因 ( $E d$ 、 $E r$ 、  
 $E s$ 、 $E L$ 、 $E t$ ) を取得する (S10)。なお、 $E d$  は  $E d 1$  および  
 $E d 2$  を、 $E r$  は  $E r 1$  および  $E r 2$  を、 $E s$  は  $E s 1$  および  $E s 2$   
を、 $E L$  は  $E L 1$  および  $E L 2$  を、 $E t$  は  $E t 2 1$  および  $E t 1 2$  を  
まとめて表記したものである。

25

次に、ネットワークアナライザ 1 に DUT2 を接続して、DUT2

のMパラメータを測定する (S 2 0)。

第14図は、ネットワークアナライザ1の測定系誤差要因 (E d、E r、E s、E L、E t) の取得の手順を示すフローチャートである。

5

まず、校正用具6を使用して、E d、E r、E sを測定する (S 1 0 2)。

詳細には、まず、ポート4 aに三種類 (オープン (開放)、ショート (短絡)、ロード (標準負荷 Z0)) の校正用具6を接続する。このとき  
10 の、レシーバ (A c h) 2 8の測定結果およびレシーバ (R c h) 1 8の測定結果が、切替器6 2を介して、第一順経路誤差要因取得部6 4に与えられる。第一順経路誤差要因取得部6 4は、E d 1、E r 1、E s 1を求める。

15

そして、ポート4 bに三種類 (オープン (開放)、ショート (短絡)、ロード (標準負荷 Z0)) の校正用具6を接続する。このときの、レシーバ (B c h) 3 8の測定結果およびレシーバ (R c h) 1 8の測定結果が、切替器7 2を介して、第一逆経路誤差要因取得部7 4に与え  
20 られる。第一逆経路誤差要因取得部7 4は、E d 2、E r 2、E s 2を求める。

次に、ポート4 aとポート4 bとを直結して、E Lを測定する (S 1 0 4)。

25

詳細には、入力信号 (周波数 f 1) を測定部2 0を介してポート4



aから出力する。このときの、レシーバ（A c h）28の測定結果およびレシーバ（R c h）18の測定結果が、切替器62を介して、第二順経路誤差要因取得部66に与えられる。第二順経路誤差要因取得部66は、E L 2を求める。第二順経路誤差要因取得部66は、E d 1、E r 1、E s 1、E L 2を測定系誤差要因記録部80に出力する。

そして、入力信号（周波数f 2）を測定部30を介してポート4bから出力する。このときの、レシーバ（B c h）38の測定結果およびレシーバ（R c h）18の測定結果が、切替器72を介して、第二逆経路誤差要因取得部76に与えられる。第二逆経路誤差要因取得部76は、E L 1を求める。第二逆経路誤差要因取得部76は、E d 2、E r 2、E s 2、E L 1を測定系誤差要因記録部80に出力する。

次に、校正用ミキサ8をネットワークアナライザ1に接続して、R、A、Bを測定する（S 1 0 6）。なお、Rは R1(f1)および R2(f2)、Aは A1(f1)および A2(f1)、Bは B1(f2)および B2(f2)をまとめて表記したものである。

詳細には、入力信号（周波数f 1）を測定部20を介して与える。そのときのレシーバ（R c h）18の測定結果、レシーバ（A c h）28の測定結果およびレシーバ（B c h）38の測定結果が、切替器922を介して、順経路測定データ取得部924に与えられる。順経路測定データ取得部924は、R1(f1)、A1(f1)、B1(f2)を、回路パラメータ取得部928に出力する。

25

そして、入力信号（周波数f 2）を測定部30を介して与える。そ

のときのレシーバ (R c h) 1 8 の測定結果、レシーバ (A c h) 2 8 の測定結果およびレシーバ (B c h) 3 8 の測定結果が、切替器 9 2 2 を介して、逆経路測定データ取得部 9 2 6 に与えられる。逆経路測定データ取得部 9 2 6 は、 $R2(f2)$ 、 $A2(f1)$ 、 $B2(f2)$ を、回路パラメータ取得部 9 2 8 に出力する。

回路パラメータ取得部 9 2 8 は、校正用ミキサ 8 の M パラメータ  $M11m'$ 、 $M12m'$ 、 $M21m'$  および  $M22m'$  を求める。

10      最後に、伝送トラッキング取得部 9 3 0 は、回路パラメータ取得部 9 2 8 により取得された校正用ミキサ 8 の M パラメータ  $M11m'$ 、 $M12m'$ 、 $M21m'$ 、 $M22m'$  と、測定系誤差要因読出部 9 1 0 により読み出された  $E d 1$ 、 $E r 1$ 、 $E s 1$ 、 $E L 2$ 、 $E d 2$ 、 $E r 2$ 、 $E s 2$ 、 $E L 1$  を受けて、伝送トラッキング  $E t 2 1$ 、 $E t 1 2$  を取得する (S 15 1 0 8)。

具体的には、式 5 により  $X$  を求め、式 2 に代入すれば、伝送トラッキング  $E t 2 1$ 、 $E t 1 2$  を取得できる。

20      第 1 5 図は、D U T 2 の M パラメータの取得の手順を示すフローチャートである。

まず、D U T 2 をネットワークアナライザ 1 に接続し、 $R$ 、 $A$ 、 $B$  を測定する (S 2 0 2)。

25

詳細には、入力信号 (周波数  $f 1$ ) を測定部 2 0 を介して与える。

そのときのレシーバ (R c h) 18 の測定結果、レシーバ (A c h) 28 の測定結果およびレシーバ (B c h) 38 の測定結果が、切替器 982 を介して、順経路測定データ取得部 984 に与えられる。順経路測定データ取得部 984 は、 $R1(f1)$ 、 $A1(f1)$ 、 $B1(f2)$  を、回路パラメータ取得部 988 に出力する。

入力信号 (周波数  $f2$ ) を測定部 30 を介して与える。そのときのレシーバ (R c h) 18 の測定結果、レシーバ (A c h) 28 の測定結果およびレシーバ (B c h) 38 の測定結果が、切替器 982 を介して、逆経路測定データ取得部 986 に与えられる。逆経路測定データ取得部 986 は、 $R2(f2)$ 、 $A2(f1)$ 、 $B2(f2)$  を、回路パラメータ取得部 988 に出力する。

次に、回路パラメータ取得部 988 は、DUT2 の M パラメータ  $M11m$ 、 $M12m$ 、 $M21m$  および  $M22m$  を決定する (S204)。

最後に、真値回路パラメータ取得部 989 は、回路パラメータ取得部 988 により取得された DUT2 の M パラメータ  $M11m$ 、 $M12m$ 、 $M21m$ 、 $M22m$  と、測定系誤差要因読出部 980 により読み出された  $Ed1$ 、 $Er1$ 、 $Es1$ 、 $EL2$ 、 $Ed2$ 、 $Er2$ 、 $Es2$ 、 $EL1$  と、誤差要因取得部 90 により取得された伝送トラッキング  $Et21$ 、 $Et12$  を受けて、DUT2 の真の M パラメータ  $M11$ 、 $M12$ 、 $M21$ 、 $M22$  を取得する (S206)。

本発明の実施形態によれば、伝送トラッキング  $Et21$ 、 $Et12$  を求めるために、(1) ポート 4a に校正用具 6 を接続し、ポート 4b

に校正用具 6 を接続する、(2)ポート 4 a およびポート 4 b を直結する、(3)校正用ミキサ 8 をポート 4 a およびポート 4 b に接続する、といった位相を取得できるような工程を行なうので、伝送トラッキング誤差の位相が取得できるようにして、測定系の誤差を補正することができる。

なお、本発明の実施形態においては、ネットワークアナライザ 1 が入力信号を出力し、DUT 2 からの被測定物信号を受けるためのポートが 2 ポート (ポート 4 a、4 b) のものを説明した。しかし、この

10 ようなポートが 3 個以上あってもかまわない。

例えば、第 16 図に示すように、ポート 4 a、4 b の他に、ポート 4 d、4 e があってもよい。第 16 図に示す変形例 (その 1) は、ポート 4 d、4 e、スイッチ 14 の端子 14 d、14 e、ブリッジ 12

15 3、133、内部ミキサ 126、136、レシーバ (Dch) 128 (被測定物信号測定手段)、レシーバ (Cch) 138 (被測定物信号測定手段) がネットワークアナライザ 1 に新たに加わったものである。他の部分は、先に説明した通りである。なお、第 16 図においては、DUT 用ローカル信号発振器 40、切替器 52、54、56、順経路

20 誤差要因取得部 60、逆経路誤差要因取得部 70、測定系誤差要因記録部 80、誤差要因取得部 90、回路パラメータ測定部 98 を図示の便宜上、図示省略している。

スイッチ 14 の端子 14 d、14 e は、ブリッジ 133、123 に

25 接続されている。

## 35

ブリッジ 1 2 3、1 3 3 は、信号源 1 0 から与えられた信号をポート 4 e、4 d に向けて出力する。さらに、被測定物から反射されて戻ってきた信号および被測定物を通過した信号を、ポート 4 e、4 d を介して受け、内部ミキサ 1 2 6、1 3 6 に供給する。

5

内部ミキサ 1 2 6、1 3 6 は、ブリッジ 1 2 3、1 3 3 から与えられた信号を、内部ローカル信号と混合してから出力する。

レシーバ (D c h) 1 2 8、レシーバ (C c h) 1 3 8 は、内部ミキサ 1 2 6、1 3 6 が出力した信号の S パラメータを測定する。

例えば、第 1 7 図に示すように、ポート 4 a、4 b の他に、ポート 4 d、4 e があってもよい。第 1 7 図に示す変形例 (その 2) は、第 1 6 図に示す変形例 (その 1) から、ブリッジ 1 3、内部ミキサ 1 6、  
15 レシーバ (R c h) 1 8 を除去し、かわりに、ブリッジ 1 3 b、1 3 c、1 3 d、1 3 e、内部ミキサ 1 6 b、1 6 c、1 6 d、1 6 e、  
レシーバ (R c h) 1 8 b、1 8 c、1 8 d、1 8 e を有するものである。なお、第 1 7 図においては、D U T 用ローカル信号発振器 4 0、  
切替器 5 2、5 4、5 6、順経路誤差要因取得部 6 0、逆経路誤差要因取得部 7 0、測定系誤差要因記録部 8 0、誤差要因取得部 9 0、回路  
20 パラメータ測定部 9 8 を図示の便宜上、図示省略している。

スイッチ 1 4 の端子 1 4 b、1 4 c、1 4 d、1 4 e は、ブリッジ 1 3 b、1 3 c、1 3 d、1 3 e に接続されている。

25

ブリッジ 1 3 b、1 3 c、1 3 d、1 3 e は、信号源 1 0 から与え

## 36

られた信号を、ブリッジ 2 3、3 3、1 3 3、1 2 3 を介して、ポート 4 a、4 b、4 d、4 e に向けて出力する。さらに、被測定物から反射されて戻ってきた信号および被測定物を通過した信号を、ポート 4 a、4 b、4 d、4 e を介して受け、内部ミキサ 1 6 b、1 6 c、  
5 1 6 d、1 6 e に供給する。

内部ミキサ 1 6 b、1 6 c、1 6 d、1 6 e は、ブリッジ 1 3 b、1 3 c、1 3 d、1 3 e から与えられた信号を、内部ローカル信号と混合してから出力する。

10

レシーバ (R c h) 1 8 b、1 8 c、1 8 d、1 8 e は、内部ミキサ 1 6 b、1 6 c、1 6 d、1 6 e が出力した信号の S パラメータを測定する。

15 第 1 7 図に示す変形例 (その 2) によれば、 $E s 1 = E L 1$ 、 $E s 2 = E L 2$ 、…が成立するため、計測や演算が容易になる。

また、上記の実施形態は、以下のようにして実現できる。CPU、ハードディスク、メディア (フロッピー (登録商標) ディスク、CD  
20 -ROM など) 読み取り装置を備えたコンピュータのメディア読み取り装置に、上記の各部分 (例えば順経路誤差要因取得部 6 0、逆経路誤差要因取得部 7 0、測定系誤差要因記録部 8 0 および誤差要因取得部 9 0) を実現するプログラムを記録したメディアを読み取らせて、ハードディスクにインストールする。このような方法でも、上記の実  
25 施形態を実現できる。

[式 1 の証明]

SG1 から Port1 までの経路を、第 18 図のように、A,B,C のブロックに分ける。SW を 1:FWD 側(信号を出力するとき)と 2:REV 側(信号を出力しないとき)に切り替えたとき、状態が変化するのは C ブロックのみである。

5

ここで、

A ブロックの反射係数と伝送係数をそれぞれ  $A_x, A_y$

B ブロックの S パラメータを  $B_{ij}(i,j=1,2,3)$

SW が 1:FWD 側のときの C ブロックの反射係数と伝送係数を  $C_x, C_y$

10

SW が 2:REV 側のときの C ブロックの反射係数を  $C_z$

とすると、FWD の系は、第 19 図に示すようなシグナルフローグラフで表され、REV の系は、第 20 図に示すようなシグナルフローグラフで表される。

15

ここで、レシーバの検波値と Port1 の信号、すなわち、

$R1(f1), A1(f1), A2(f1), a1(f1), b1(f1), a1''(f1), b1''(f1)$

の依存関係だけに着目するために、変数を集約すると、第 19 図に示すようなシグナルフローグラフは第 21 図のように、第 20 図に示すようなシグナルフローグラフは第 22 図のように変形できる。

20

$P11, P21, P12, P22, Q_x, Q_y$  はそれぞれ  $B_{ij}(i,j=1,2,3), A_x, A_y$  の関数であるが、その関数を書き下した式はこの後の計算で使わないため、明記しない。

25

第 21 図に示すシグナルフローグラフが、第 23 図に示す測定系の誤差要因に対応する。第 22 図に示すシグナルフローグラフが、第 2

4 図に示す測定系の誤差要因に対応する。

ゆえに、数式での対応関係は次のようになる。

## 5 【数 1 0】

FWD :

$$Ed_1 = Cy \frac{1}{1 - P_{11}Cx} Qx$$

$$Es_1 = P_{22} + P_{12} \frac{Cx}{1 - P_{11}Cx} P_{21}$$

$$Ei_1 = Cy \frac{1}{1 - P_{11}Cx} P_{21}$$

$$Eo_1 = Qy + P_{12} \frac{Cx}{1 - P_{11}Cx} Qx$$

REV :

$$El_1 = P_{22} + P_{12} \frac{Cz}{1 - P_{11}Cz} P_{21}$$

$$Eg_1 = Qy + P_{12} \frac{Cz}{1 - P_{11}Cz} Qx$$

したがって、以下のように計算される。

## 10 【数 1 1】

$$Ed_1 \frac{Es_1 - El_1}{Ei_1} = \dots = P_{12} Qx \frac{Cx - Cz}{(1 - P_{11}Cx)(1 - P_{11}Cz)}$$

$$Eo_1 - Eg_1 = \dots = P_{12} Qx \frac{Cx - Cz}{(1 - P_{11}Cx)(1 - P_{11}Cz)}$$

$$\therefore Ed_1 \frac{Es_1 - El_1}{Ei_1} = Eo_1 - Eg_1$$

$$\Leftrightarrow Eg_1 = Eo_1 - Ed_1 \frac{Es_1 - El_1}{Ei_1} = \left(1 - Ed_1 \frac{Es_1 - El_1}{Ei_1 Eo_1}\right) Eo_1 = \left(1 - Ed_1 \frac{Es_1 - El_1}{Er_1}\right) Eo_1$$

$$\therefore Eg_1 = \left(1 - Ed_1 \frac{Es_1 - El_1}{Er_1}\right) Eo_1$$

[式 1 の証明終わり]



## 請求の範囲

1. 被測定物による周波数変換とは無関係に生じる測定系誤差要因を記録する測定系誤差要因記録手段と、

- 5 ある端子から出力される信号が、その端子に入力される信号に第一係数を乗じたものおよび他の端子に入力される信号に第二係数を乗じたものの和として表され、第二係数の大きさの比が一定である校正用周波数変換素子の前記第一係数および前記第二係数を測定したものを出力する校正用係数出力手段と、

- 10 前記測定系誤差要因記録手段に記録された前記測定系誤差要因と、前記校正用係数出力手段の出力した前記第一係数および前記第二係数とに基づき、周波数変換によって生じる伝送トラッキングを取得する伝送トラッキング取得手段と、

を備えたネットワークアナライザ。

15

2. 請求項 1 に記載のネットワークアナライザであって、

前記校正用周波数変換素子における、

前記第一係数を、 $M_{11}'$ 、 $M_{22}'$ 、

前記第二係数を、 $M_{12}'$ 、 $M_{21}'$ 、

- 20 第一端子に入力される信号を  $a_1$ 、第一端子から出力される信号を  $b_1$ 、

第二端子に入力される信号を  $a_2$ 、第二端子から出力される信号を  $b_2$ 、

とした場合、

- 25  $b_1 = M_{11}' \times a_1 + M_{12}' \times a_2$

$$b_2 = M_{21}' \times a_1 + M_{22}' \times a_2$$

であり、  
 $|M_{12}'|/|M_{21}'|$  が一定である、  
ネットワークアナライザ。

- 5     3. 請求項 1 または 2 に記載のネットワークアナライザであって、  
          いずれの端子についても、前記第二係数の大きさが同じものである、  
          ネットワークアナライザ。
4. 請求項 1 ないし 3 のいずれか一項に記載のネットワークアナライ  
10    ザであって、  
          前記被測定物に入力する入力信号に関する入力信号パラメータを、  
          前記測定系誤差要因の生ずる前に測定する入力信号測定手段と、  
          前記被測定物の端子に接続され、前記入力信号を出力する複数のポ  
          ートと、
- 15    前記ポートに前記被測定物の端子から入力された被測定物信号に関  
          する被測定物信号パラメータを測定する被測定物信号測定手段と、  
          を備えたネットワークアナライザ。
5. 請求項 4 に記載のネットワークアナライザであって、
- 20    前記校正用係数出力手段は、前記校正用周波数変換素子の前記第一  
          係数および前記第二係数を、前記入力信号測定手段により測定された  
          前記入力信号パラメータと、前記被測定物信号測定手段により測定さ  
          れた前記被測定物信号パラメータとの比によって求める、  
          ネットワークアナライザ。
- 25    6. 請求項 4 に記載のネットワークアナライザであって、

前記伝送トラッキング取得手段は、被測定物信号が前記被測定物の端子より周波数変換を伴わないで出力されてから前記被測定物信号測定手段により受信されるまでに生じる誤差要因の比に基づき、前記伝送トラッキングを取得する、

5      ネットワークアナライザ。

7. 測定系誤差要因記録手段が、被測定物による周波数変換とは無関係に生じる測定系誤差要因を記録する測定系誤差要因記録工程と、

校正用係数出力手段が、ある端子から出力される信号が、その端子  
10      に入力される信号に第一係数を乗じたものおよび他の端子に入力される信号に第二係数を乗じたものの和として表され、第二係数の大きさの比が一定である校正用周波数変換素子の前記第一係数および前記第二係数を測定したものを出力する校正用係数出力工程と、

伝送トラッキング取得手段が、前記測定系誤差要因記録手段に記録  
15      された前記測定系誤差要因と、前記校正用係数出力手段の出力した前記第一係数および前記第二係数とに基づき、周波数変換によって生じる伝送トラッキングを取得する伝送トラッキング取得工程と、

を備えたネットワーク解析方法。

20      8. 被測定物による周波数変換とは無関係に生じる測定系誤差要因を記録する測定系誤差要因記録処理と、

ある端子から出力される信号が、その端子に入力される信号に第一係数を乗じたものおよび他の端子に入力される信号に第二係数を乗じたものの和として表され、第二係数の大きさの比が一定である校正用  
25      周波数変換素子の前記第一係数および前記第二係数を測定したものを出力する校正用係数出力処理と、

前記測定系誤差要因記録処理により記録された前記測定系誤差要因と、前記校正用係数出力処理により出力された前記第一係数および前記第二係数とに基づき、周波数変換によって生じる伝送トラッキングを取得する伝送トラッキング取得処理と、

- 5      をコンピュータに実行させるためのプログラム。

9. 被測定物による周波数変換とは無関係に生じる測定系誤差要因を記録する測定系誤差要因記録処理と、

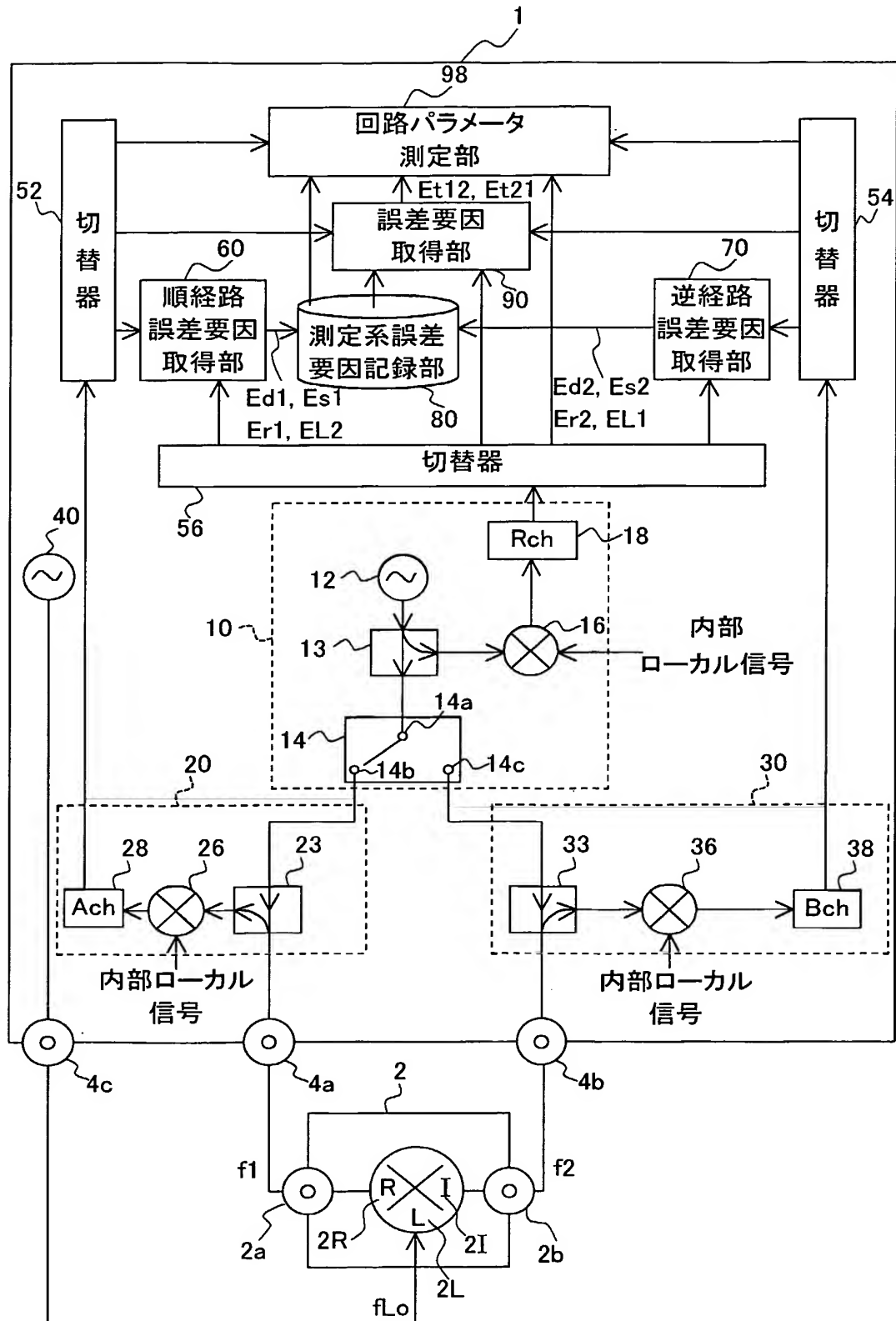
- ある端子から出力される信号が、その端子に入力される信号に第一  
10    係数を乗じたものおよび他の端子に入力される信号に第二係数を乗じたものの和として表され、第二係数の大きさの比が一定である校正用周波数変換素子の前記第一係数および前記第二係数を測定したものを出力する校正用係数出力処理と、

- 前記測定系誤差要因記録処理により記録された前記測定系誤差要因  
15    と、前記校正用係数出力処理により出力された前記第一係数および前記第二係数とに基づき、周波数変換によって生じる伝送トラッキングを取得する伝送トラッキング取得処理と、

をコンピュータに実行させるためのプログラムを記録したコンピュータによって読み取り可能な記録媒体。

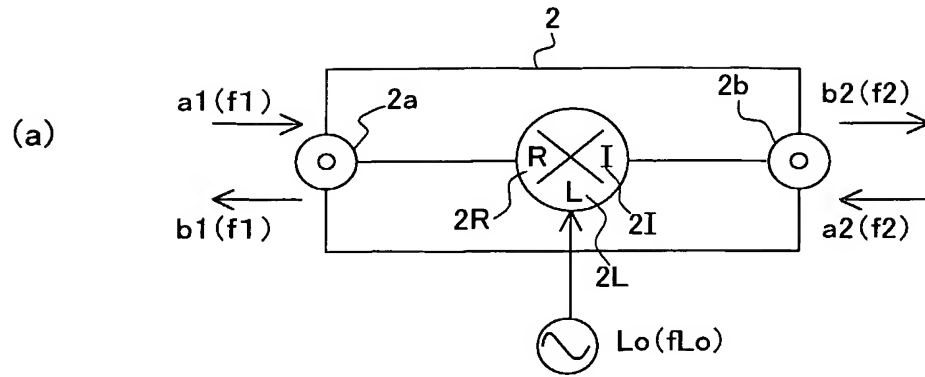
1/28

## 第 1 図



2/28

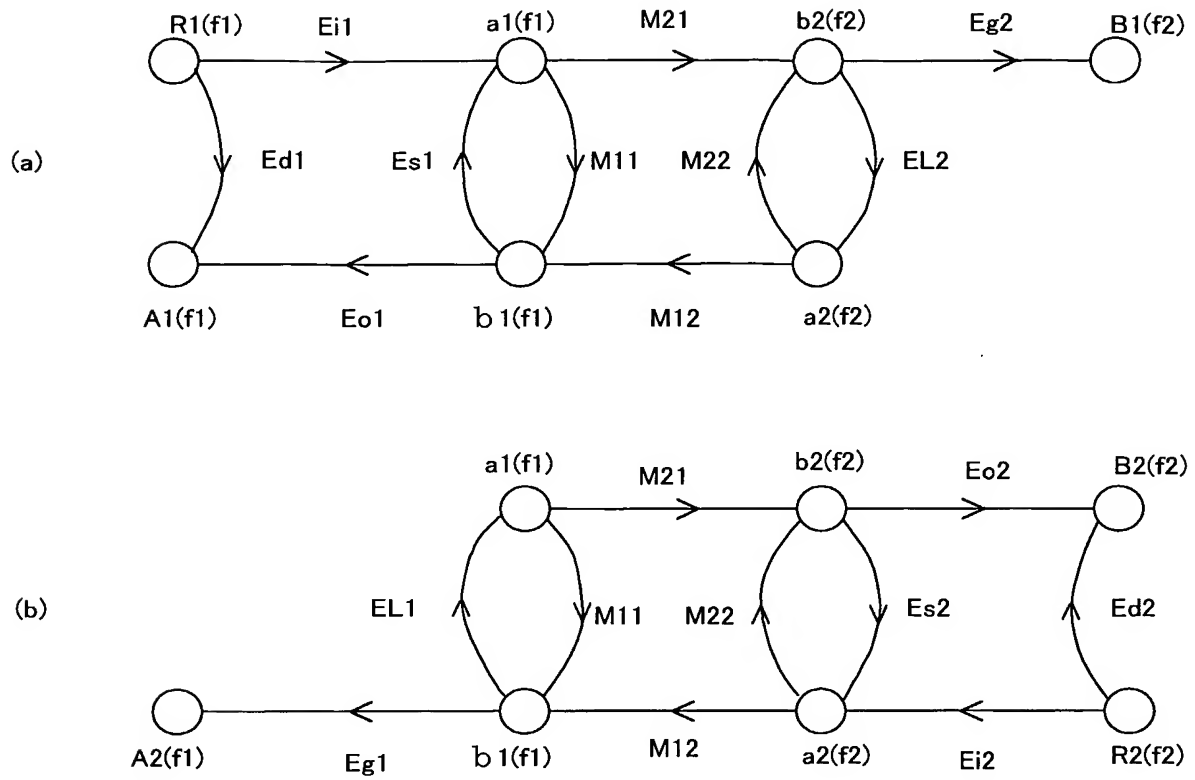
## 第 2 図



(b)

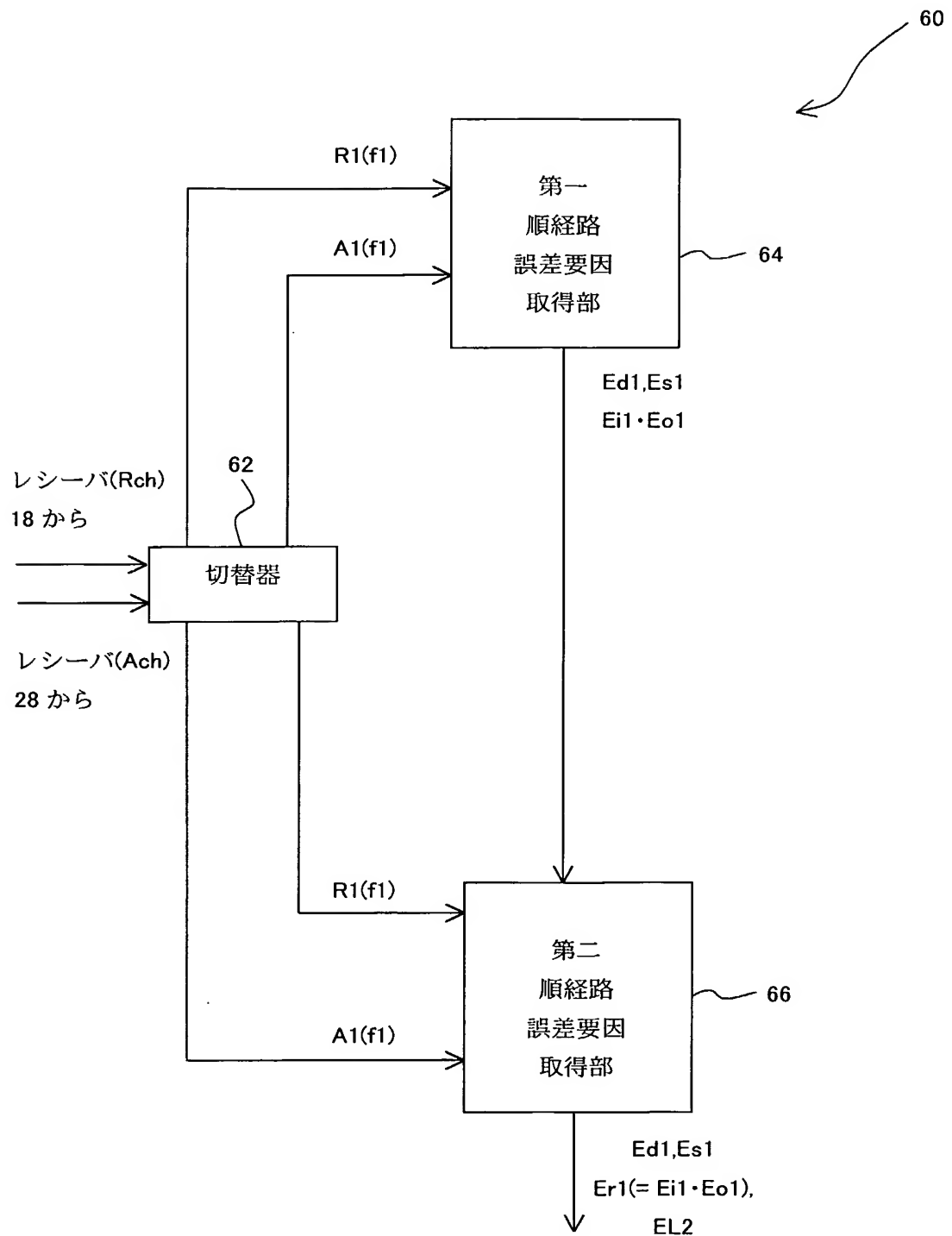
$$\begin{bmatrix} b1(f1) \\ b2(f2) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} M11 & M12 \\ M21 & M22 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a1(f1) \\ a2(f2) \end{bmatrix}$$

## 第 3 図



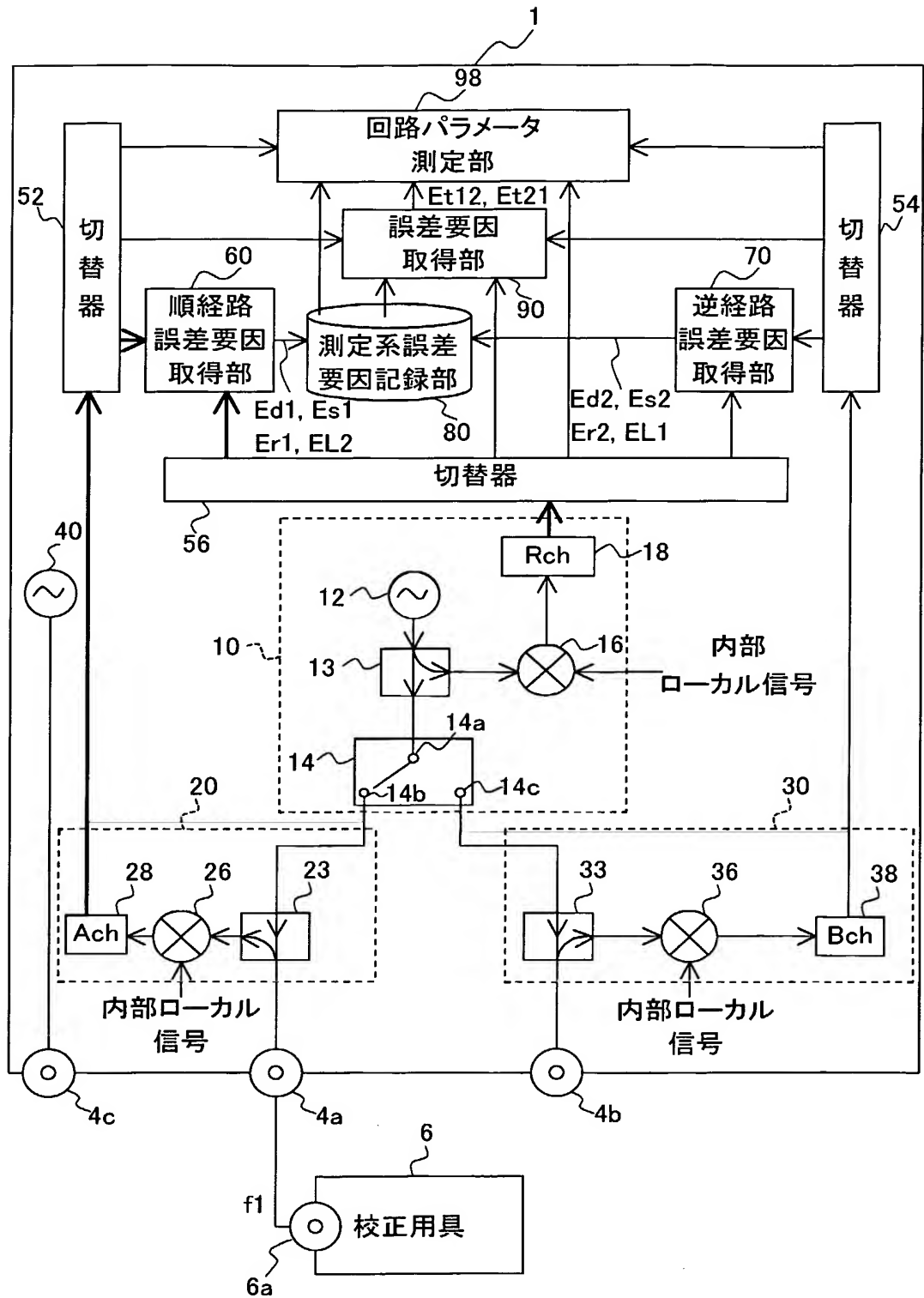
4/28

## 第 4 図

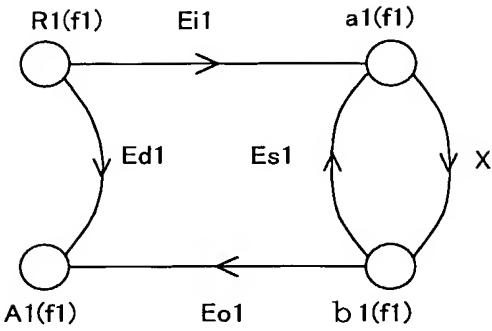




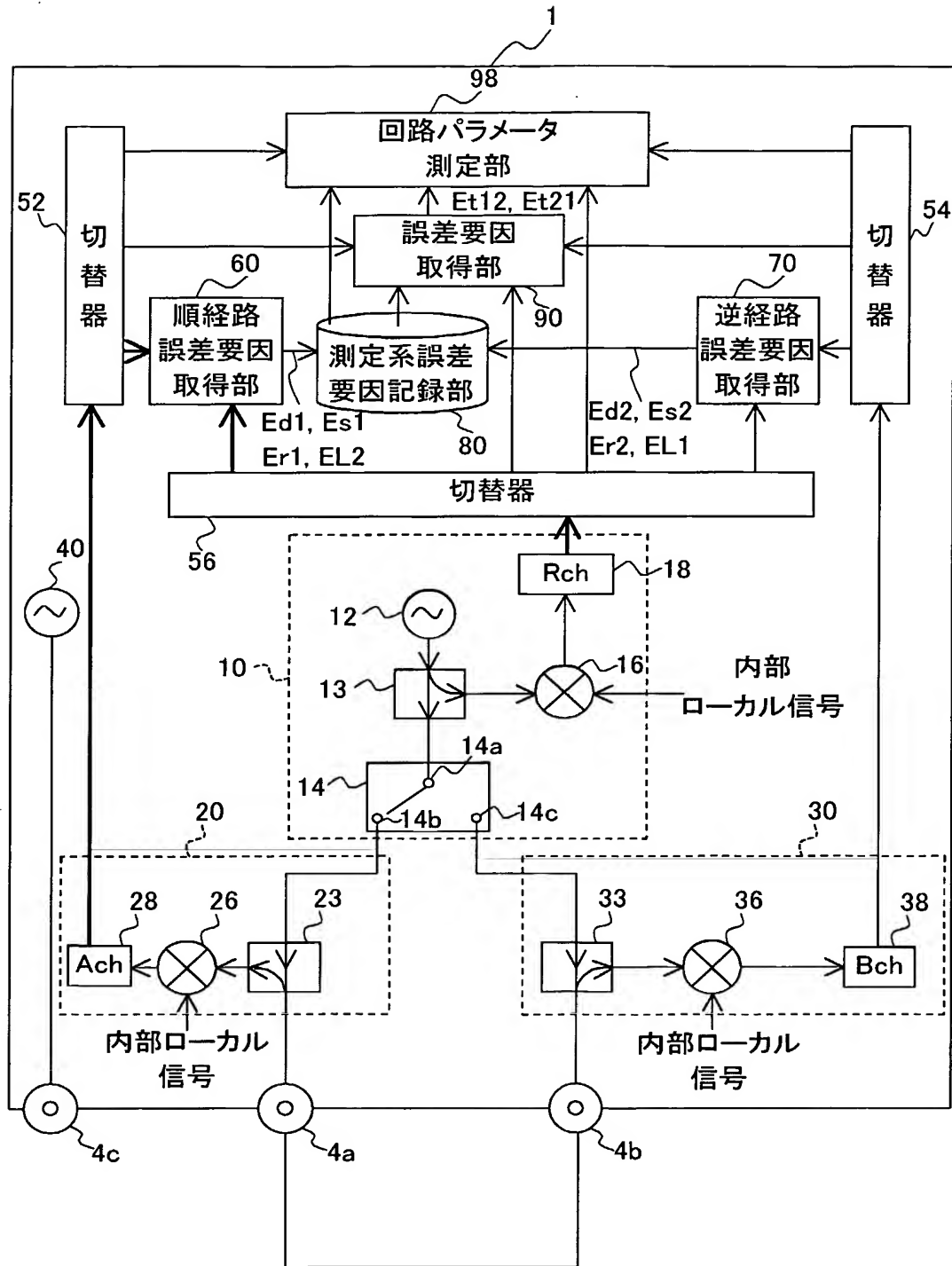
## 第 5 図



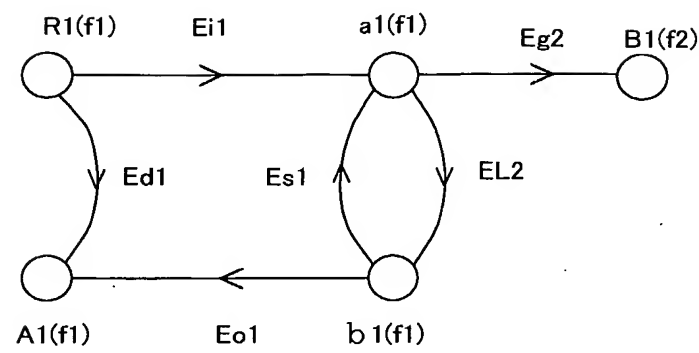
第 6 図



## 第 7 図

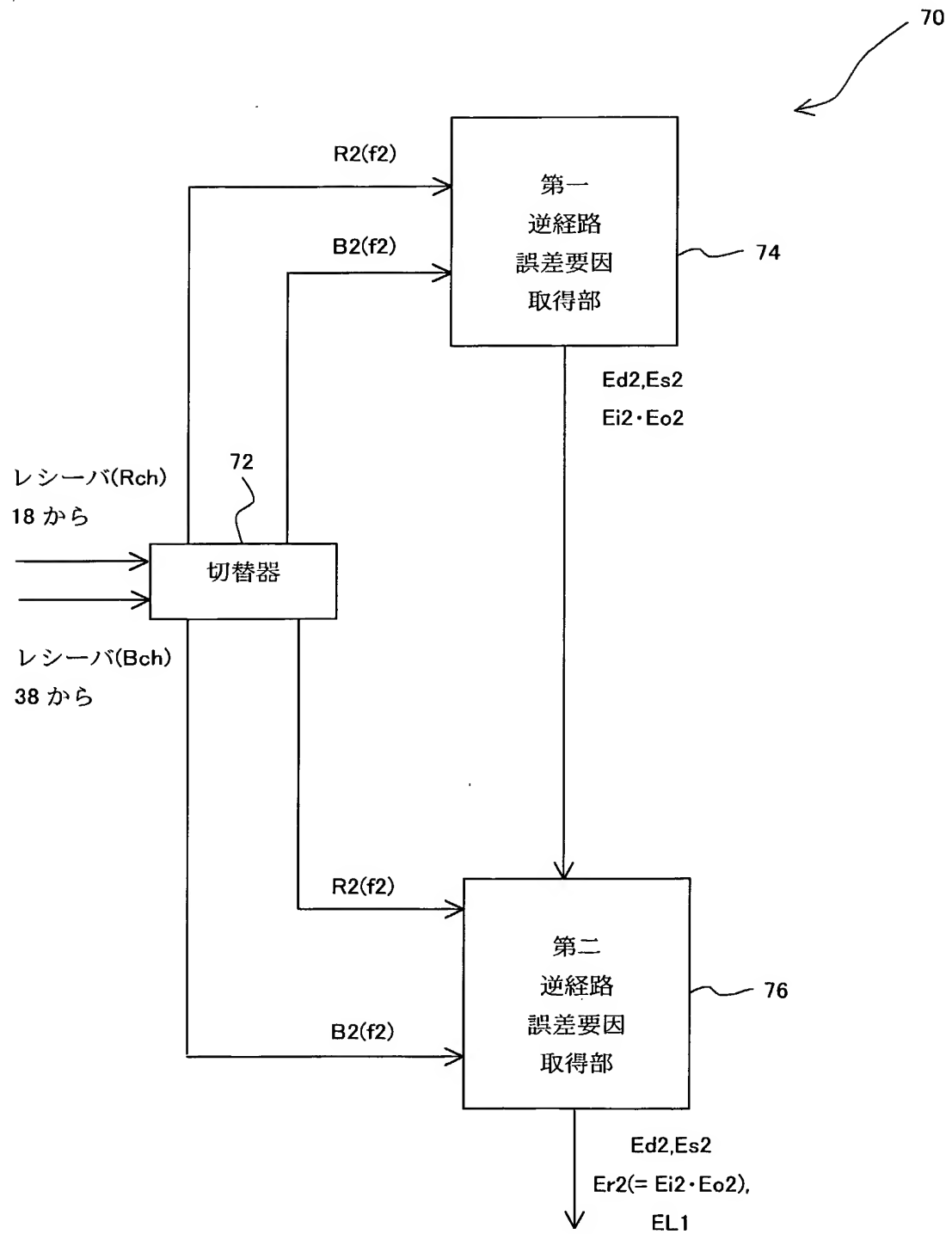


第 8 図



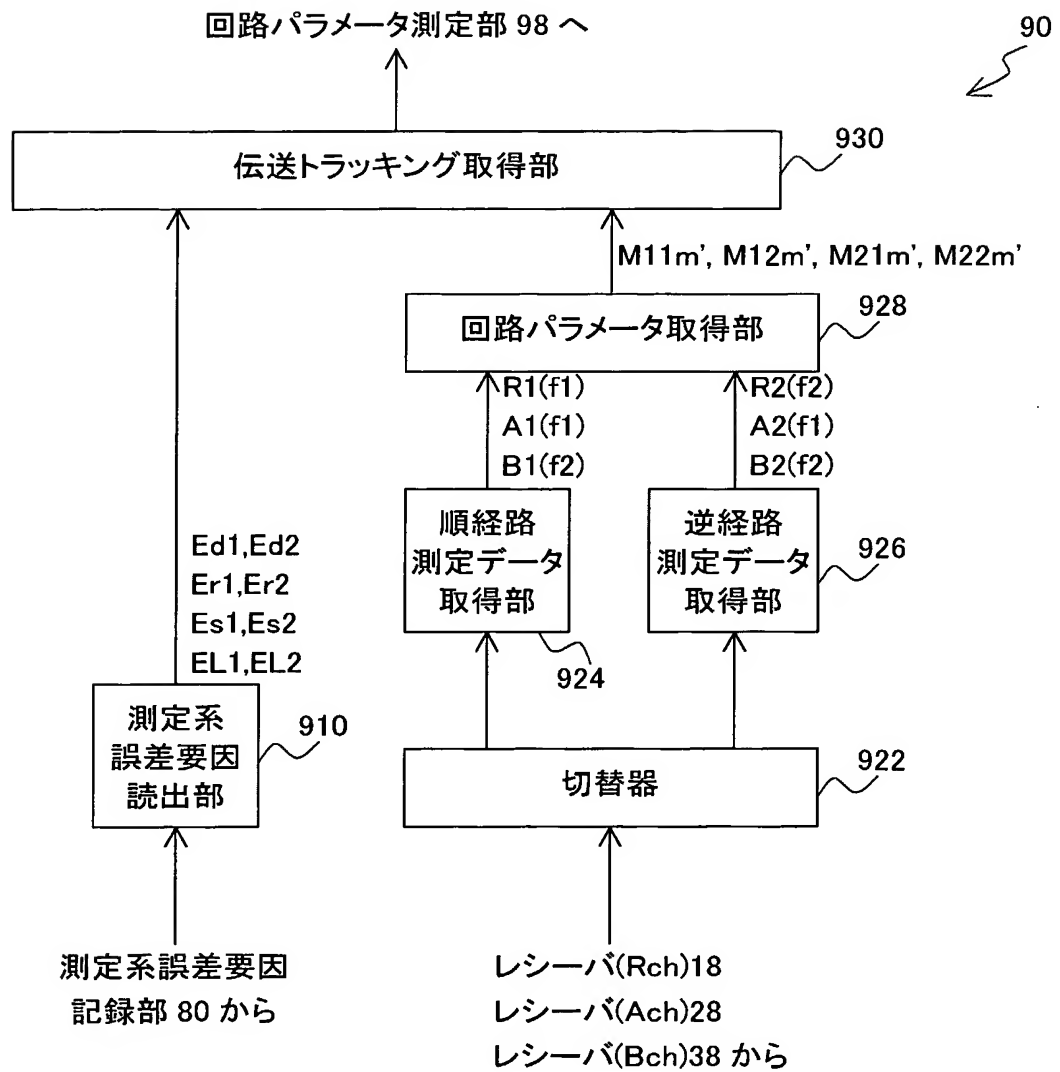
9/28

## 第 9 図



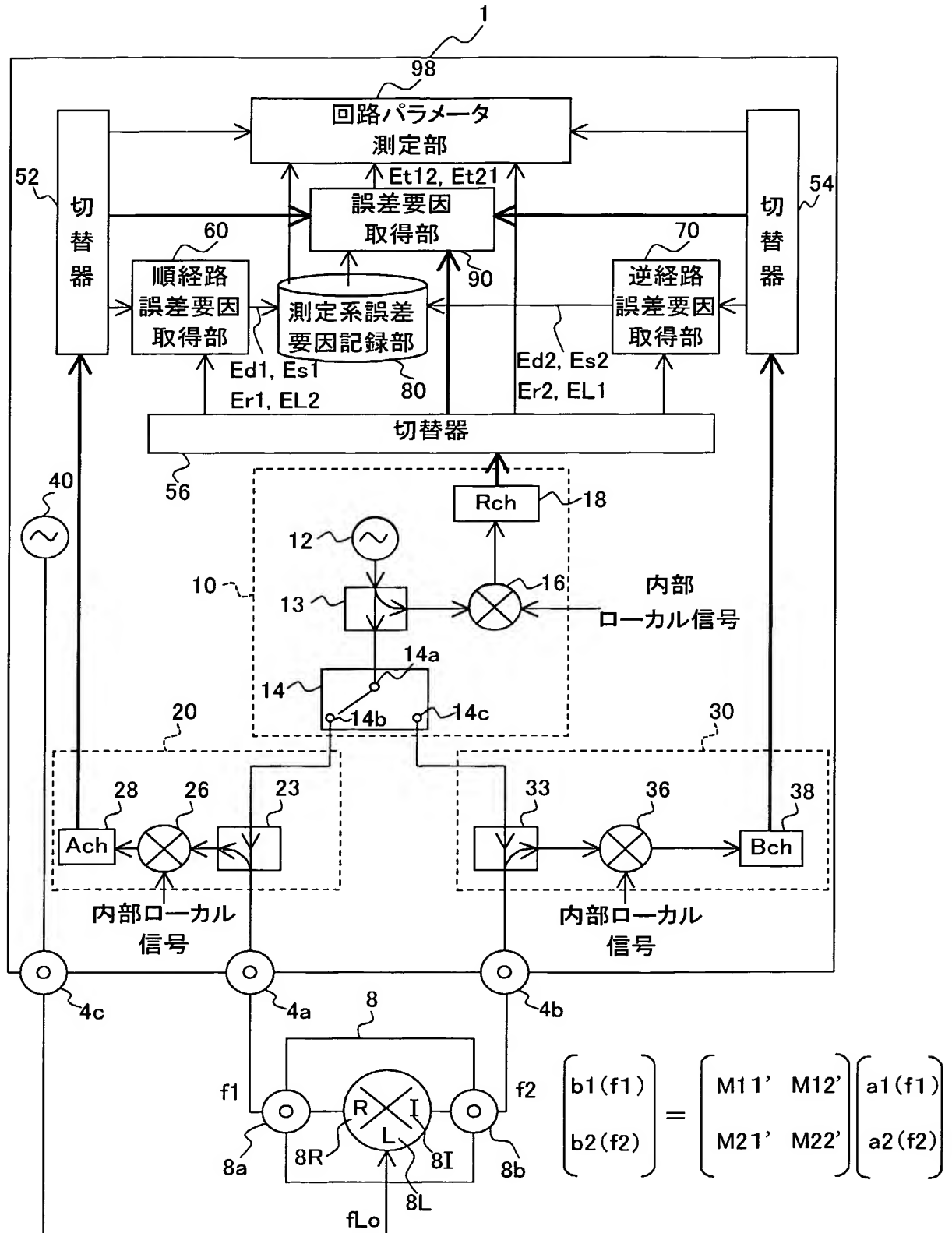
10/28

## 第 10 図



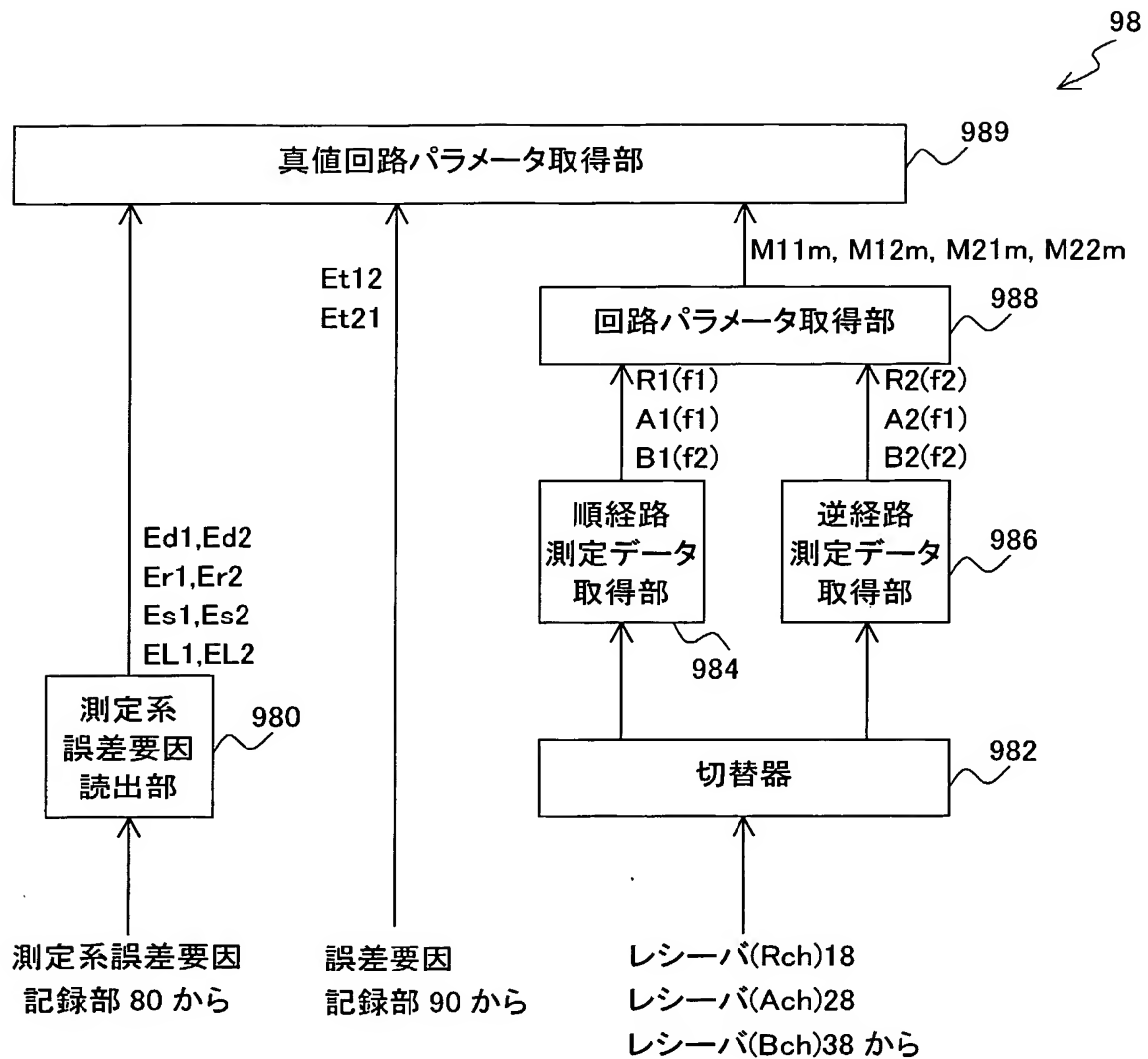
11/28

## 第11図



12/28

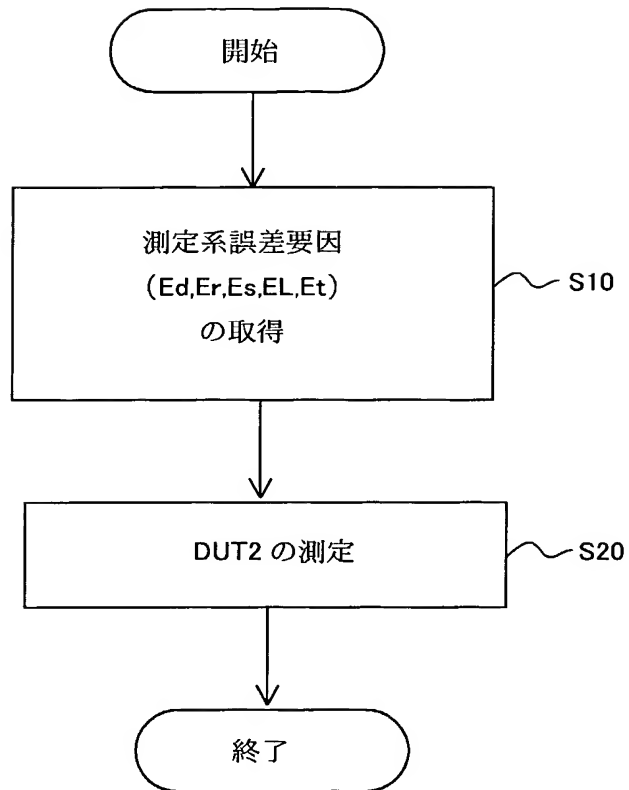
## 第12図





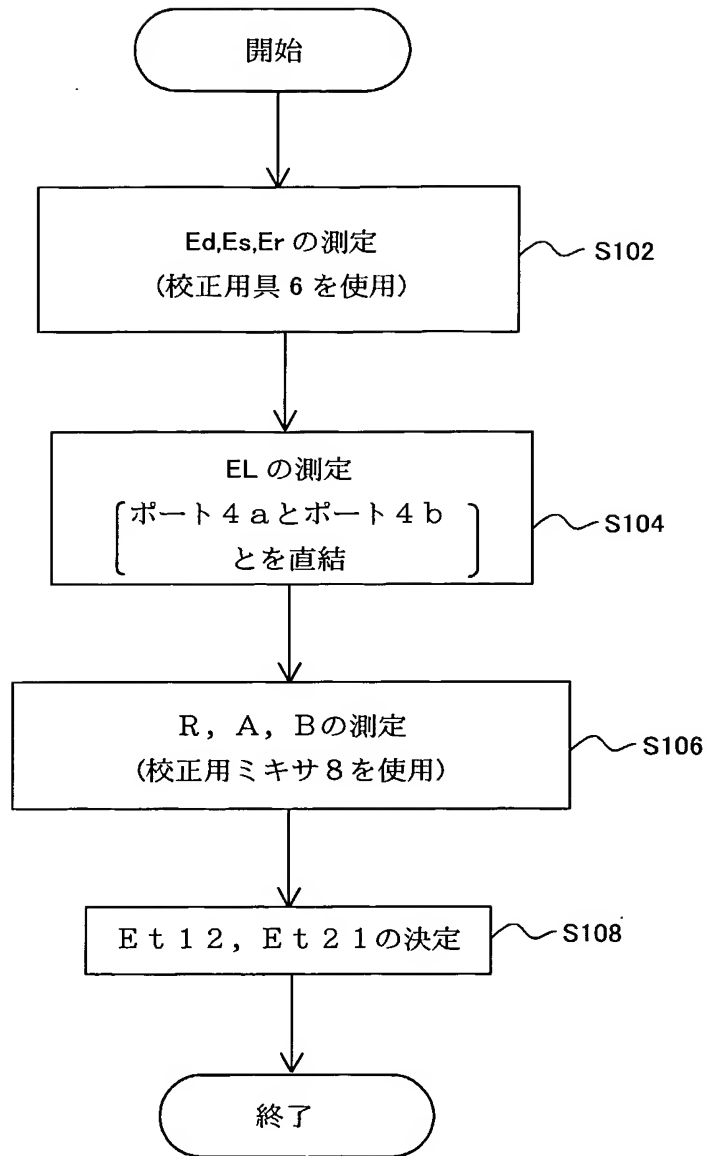
13/28

## 第13図



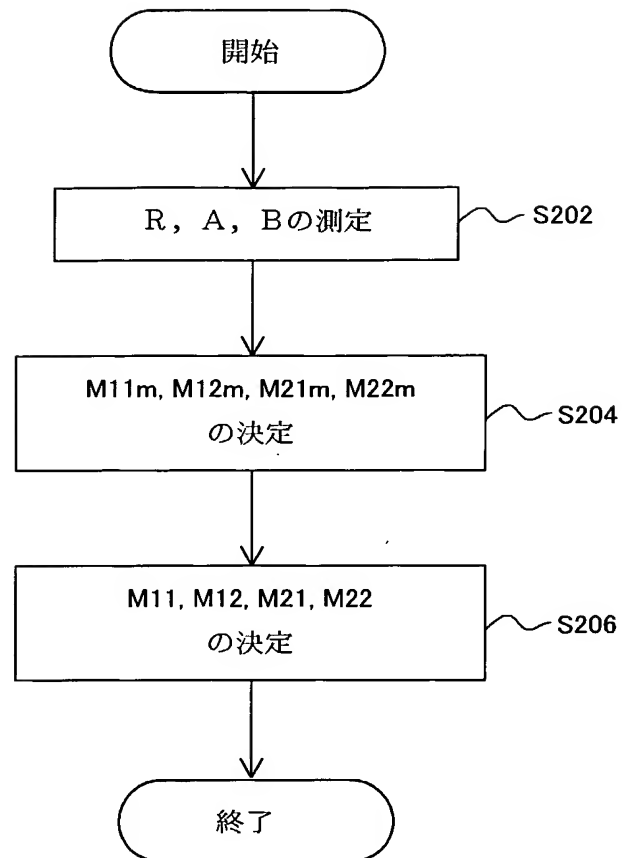
14/28

## 第 14 図

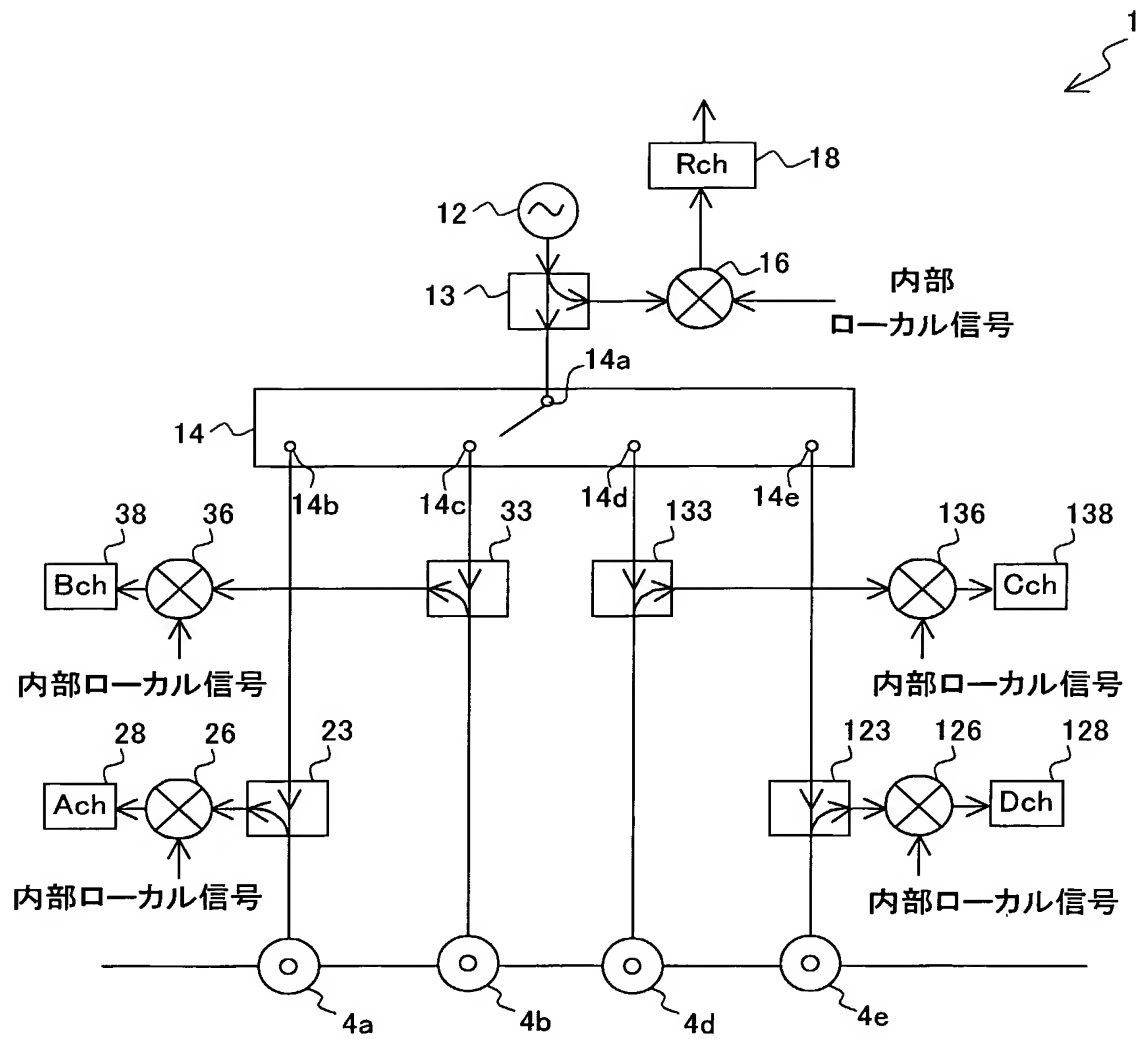


15/28

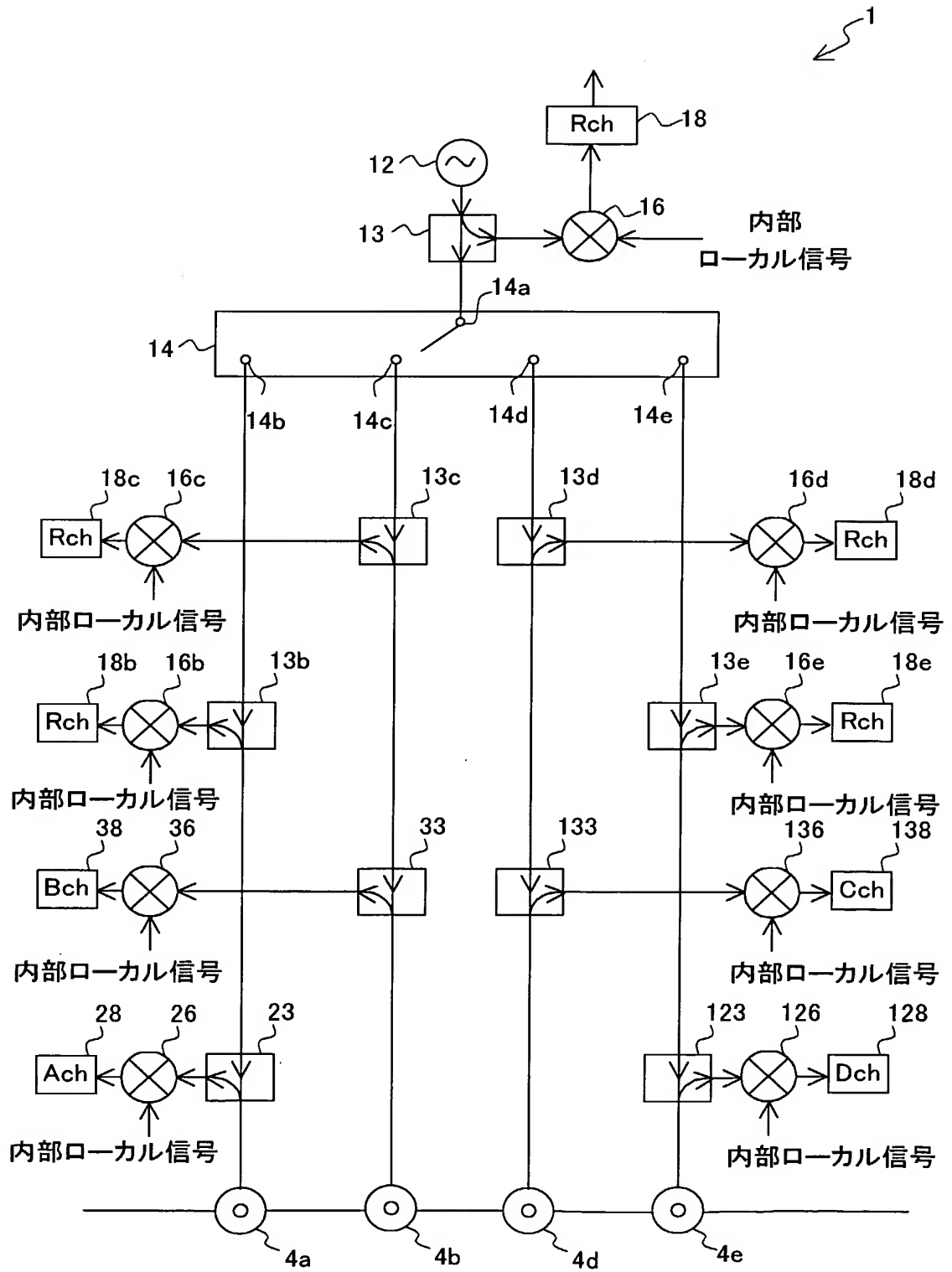
## 第15図



## 第 16 図

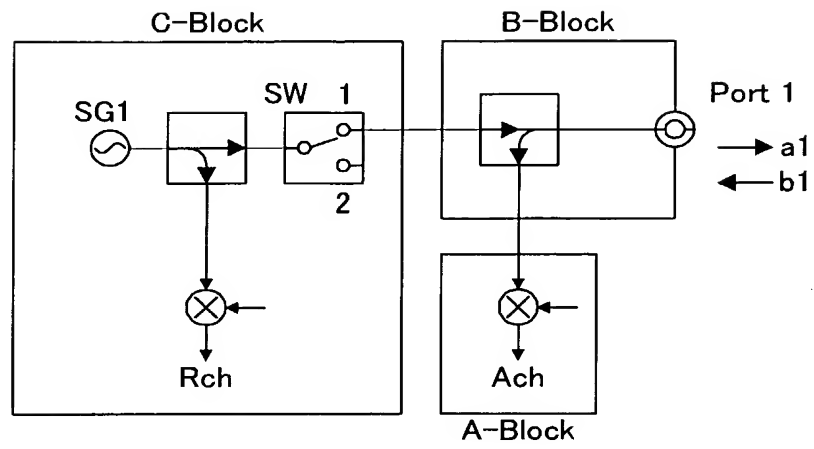


## 第17図



18/28

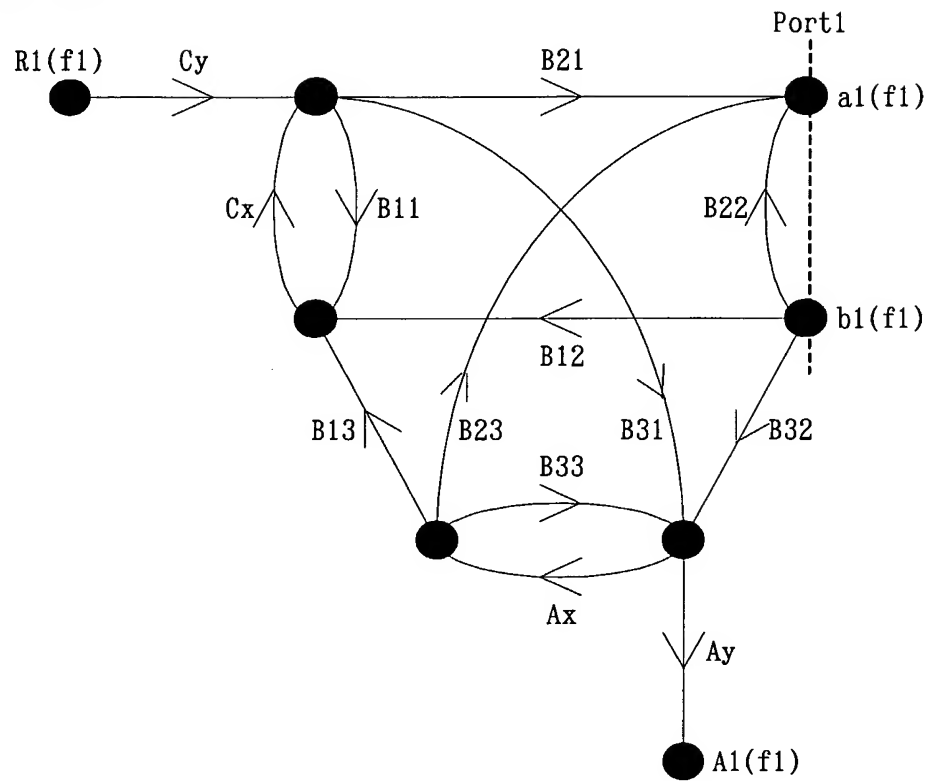
## 第 18 図



19/28

## 第 19 図

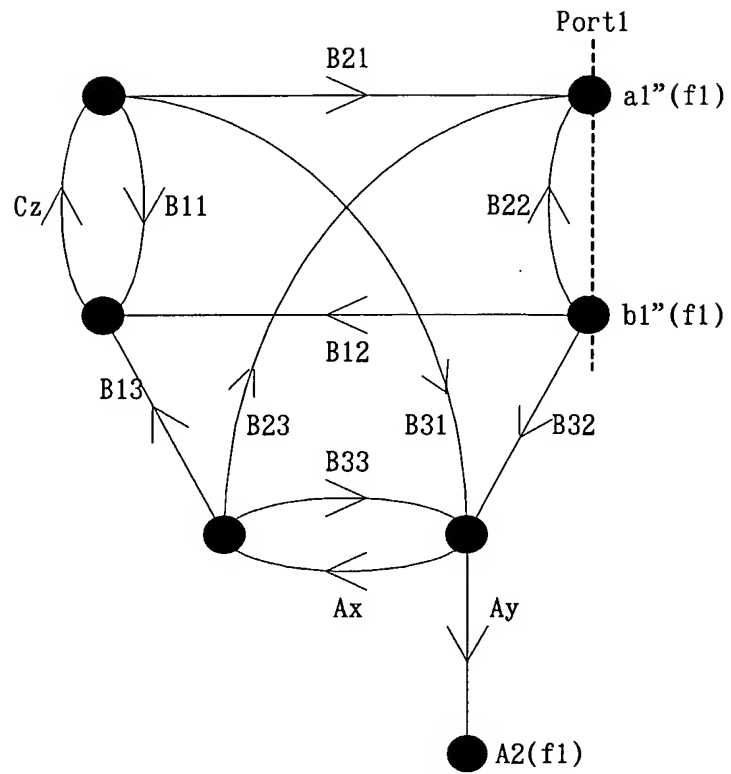
[FWD Mode]



20/28

## 第 20 図

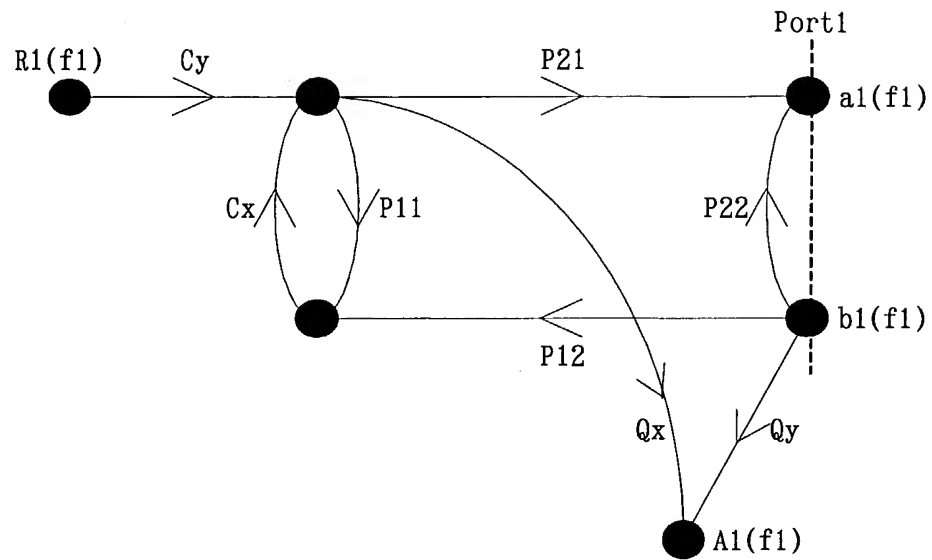
[REV Mode]





## 第 21 図

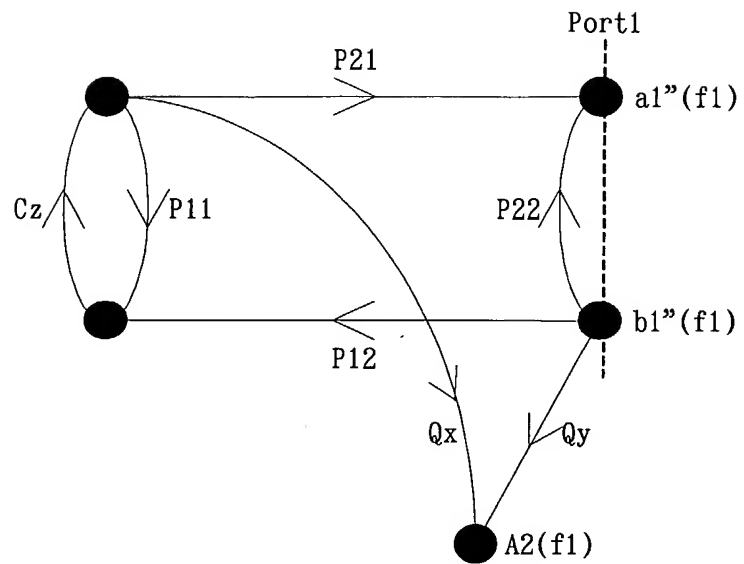
[FWD Mode]



22/28

## 第 22 図

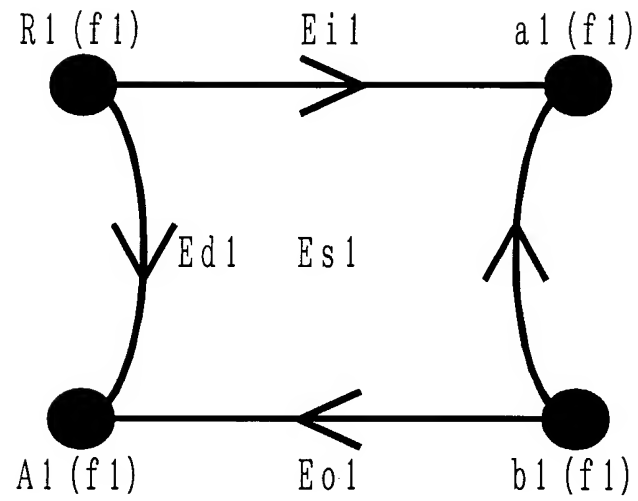
[REV Mode]



23/28

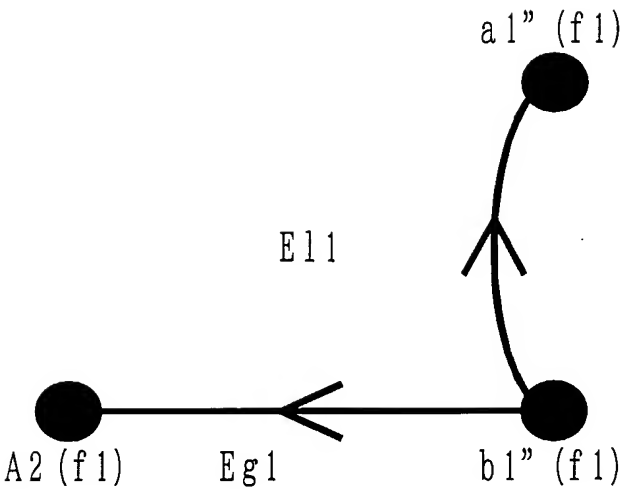
## 第 23 図

[FWD Mode]

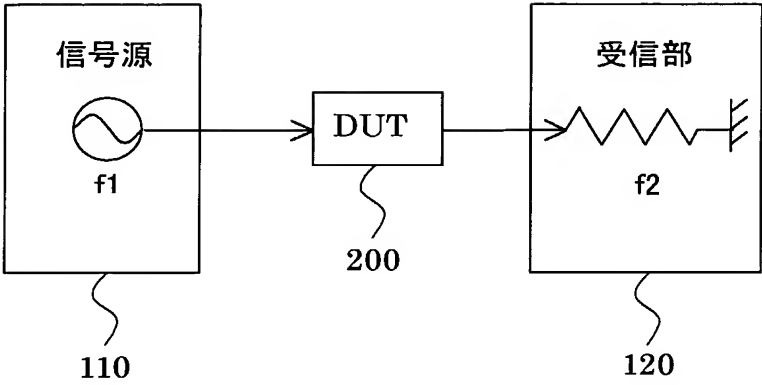


第 24 図

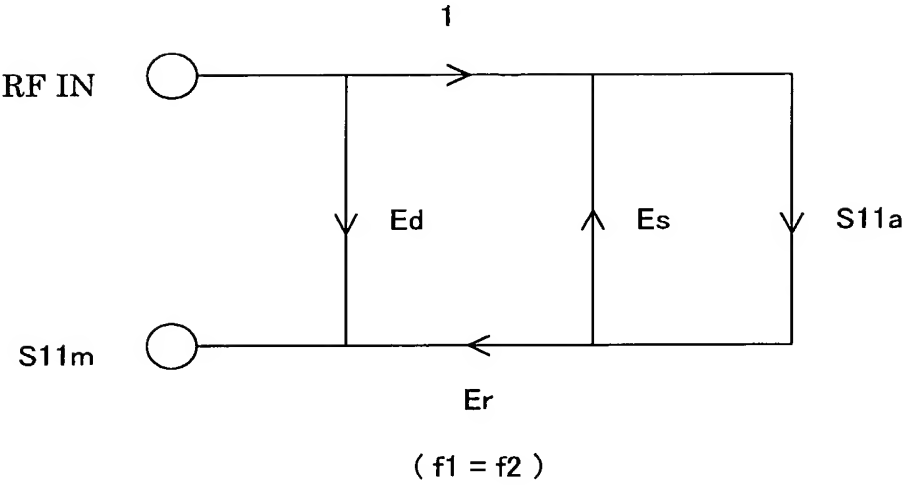
[REV Mode]



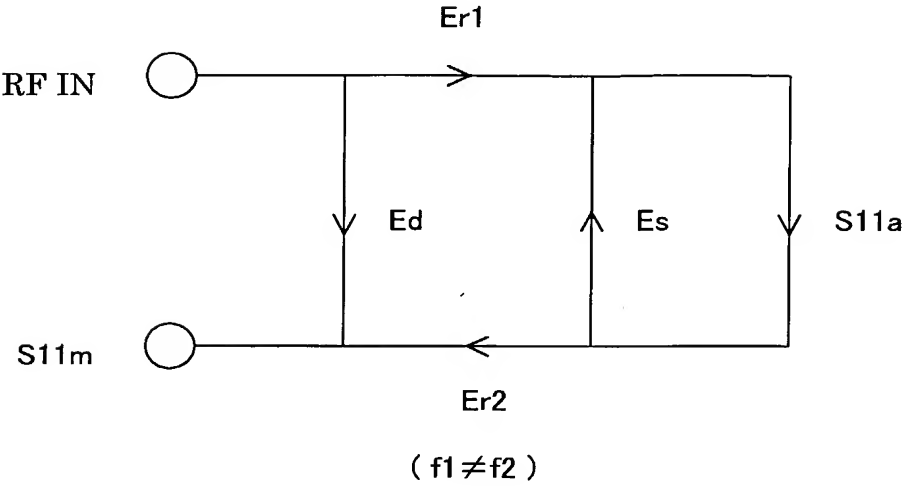
第 25 図



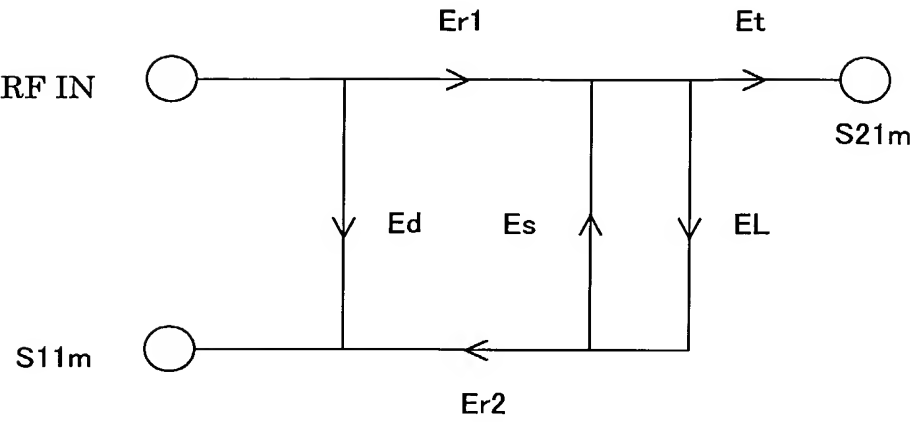
第 26 図



第 27 図



第 28 図





# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2005/002511

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
Int.Cl<sup>7</sup> G01R27/28, G01R35/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl<sup>7</sup> G01R27/00-28/32, 35/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2005
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2005	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2005

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2003-294820 A (Agilent Technologies Inc.), 15 October, 2003 (15.10.03), Full text; Figs. 1 to 11 & WO 03/083907 A2	1-9
A	JP 11-352163 A (Hewlett-Packard Co.), 24 December, 1999 (24.12.99), Full text; Figs. 1 to 12 & US 6188968 B1 & GB 2337604 A & GB 9910407 A0 & DE 19902344 A	1-9

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance  
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date  
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)  
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means  
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention  
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone  
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art  
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search  
17 May, 2005 (17.05.05)

Date of mailing of the international search report  
31 May, 2005 (31.05.05)

Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

## A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl.<sup>7</sup> G01R27/28, G01R35/00

## B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl.<sup>7</sup> G01R27/00-28/32, 35/00

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2005年
日本国実用新案登録公報	1996-2005年
日本国登録実用新案公報	1994-2005年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

## C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	J P 2003-294820 A (アジレント・テクノロジー株式会社) 2003. 10. 15 全文, 図1-11 &WO 03/083907 A2	1-9
A	J P 11-352163 A (ヒューレット・パッカード・カンパニー) 1999. 12. 24 全文, 図1-12 &US 6188968 B1 &GB 2337604 A &GB 9910407 A0 &DE 19902344 A	1-9

C欄の続きにも文献が列挙されている。

パテントファミリーに関する別紙を参照。

## \* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)

「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&amp;」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

17. 05. 2005

国際調査報告の発送日

31. 5. 2005

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

中村 直行

電話番号 03-3581-1101 内線 3258

2S

9214